

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



**Estudo do impacto da mudança do sistema de referência  
coordenado na posição e área do Parcelar Agrícola**

**David José Ferreira dos Santos**

Projeto  
Mestrado em Engenharia Geográfica

**2014**

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



## **Estudo do impacto da mudança do sistema de referência coordenado na posição e área do Parcelar Agrícola**

**David José Ferreira dos Santos**

Projeto  
Mestrado em Engenharia Geográfica

Orientadores: Prof. Doutor João Carlos Costa Catalão Fernandes  
e Eng<sup>a</sup> Célia Marise Ferreira de Sousa

**2014**

# Resumo

Neste documento é apresentado um estudo sobre o impacto da mudança do sistema de referência coordenado de Hayford-Gauss Datum 73 para PT-TM06/ETRS89 na posição e área dos elementos gráficos do Parcelar Agrícola. Este estudo foi realizado no âmbito de um estágio no Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP, IP) entre Outubro de 2013 a Janeiro de 2014. A necessidade da realização deste estudo por parte do IFAP, I.P. surge no seguimento da imposição da União Europeia segundo a diretiva INSPIRE, que determina que seja adotado um sistema de referência coordenado europeu comum (ETRS89), para a informação geográfica dos estados membros.

Foram analisadas diferentes formas para realizar a transformação entre o sistema de referência coordenado utilizado no IFAP, I.P. e o sistema de referência em vigor em Portugal (PT-TM06/ETRS89). O método das grelhas desenvolvido por Gonçalves (2008, 2009) mostrou-se como o que apresenta melhores garantias ao nível da sua precisão. Este método é baseado no cálculo das diferenças de coordenadas em  $\Delta M$ ,  $\Delta P$  e pode ser aplicado a informação geográfica em plataformas de ambiente SIG.

Foi feita uma simulação do método das grelhas que permitiu determinar o impacto teórico deste método na transformação do sistema de referência coordenado, através de mapas de diferenças de coordenadas interpoladas em M e P para Portugal Continental. O método foi também aplicado a dados reais do Parcelar Agrícola. Com base na simulação do método das grelhas foi registada uma diferença na posição inicial, com um mínimo de 0,01 metros e um máximo de 6,76 metros. Os resultados das áreas registadas após a transformação indicaram que a diferença poderá atingir um máximo de 0,03 ha para parcelas com a área máxima existente de cerca de 3000 ha e uma diferença nula para a área média das parcelas existente no sistema (1,77 ha). A diferença na área é nula para áreas menores que 25 ha. A nível percentual as diferenças obtidas são residuais com um máximo de  $\pm 0,001\%$  de diferença na área. Os valores das diferenças de áreas obtidas dos dados reais foram coincidentes com os testes realizados sobre a simulação do método, com uma diferença máxima de 0,007 ha para uma parcela de aproximadamente 700 ha e uma diferença nula para a média das áreas das parcelas.

Neste projeto são também apresentados outros trabalhos realizados ao longo do estágio. Na fase inicial foram apresentados os métodos e processos utilizados no IFAP, I.P., como a ortorretificação de imagens que serviram como ferramenta introdutória para os restantes trabalhos. Seguiu-se a equalização de ortoimagens e controlo de qualidade externa de ortoimagens GeoEye utilizadas no IFAP, I.P.

Palavras-chave: Cartografia, Deteção Remota, Transformação Coordenadas, IFAP

# Abstract

In this document we evaluate the impact of the coordinated reference system change from Hayford-Gauss Datum 73 to PT-TM06/ETRS89 in the position and area of the graphical elements of agricultural parcels. The study was conducted during an internship at the Institute of Finance of Agriculture and Fisheries (IFAP, I.P.) from October 2013 to January 2014. The need for this study by the IFAP I.P. follows the obligation of the European Union according to the INSPIRE directive, which recommends the use of the European coordinated reference system (ETRS89) for their geographic information.

Different methods were analyzed in order to perform the transformation from the coordinated reference system used in IFAP I.P. to the coordinate reference system operative in Portugal (PT-TM06/ETRS89). The grids method developed by Gonçalves (2008, 2009) proved to be the one with the best accuracy. This method is based on the calculation of the coordinates difference ( $\Delta M \Delta P$ ), and can be applied to geographic information in GIS platforms.

The grids method was simulated allowing the theoretical impact of the method in transforming the coordinate reference system to be determined, through maps of differences interpolated coordinates in M and P for Portugal. The method was also applied to real data of the agricultural parcels. The simulation recorded a difference in initial position of a minimum of 0.01 meters and a maximum of 6.76 meters. The results of the areas recorded after transformation showed that the difference may reach a maximum of 0.03 ha to parcels with the existing maximum area of about 3000 ha and there is a null difference to the average area of the existing parcels in the system (1.77 ha). The difference in area is zero for areas smaller than 25 ha. In terms of percentages, the numbers showed a small difference, it was obtained a maximum of  $\pm 0.001\%$  difference in the initial area. The area differences that were obtained from the real data were coincident with the tests conducted over the simulation of the method, with a maximum difference of 0.007 ha for a parcel of approximately 700 ha and a zero difference to the mean area of the parcels.

Presented within this project is other work performed during the internship. During the initial phase, the methods and processes used in IFAP, I.P. were also presented as orthorectification of images that served as an introductory tool for the next part of the project. Followed by the equalization of orthoimages and external quality control of GeoEye orthoimagery used in IFAP, I.P.

Keywords: Cartography, Remote Sensing, Coordinate Transformation, IFAP

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prof. João Catalão pela organização do estágio no IFAP I.P., pela sua orientação e apoio durante o período de estágio e sugestões dadas ao longo do desenvolvimento deste documento.

Agradecer também ao IFAP I.P. e a todos os seus funcionários, pela disponibilidade demonstrada e abertura para o bom funcionamento do trabalho a desenvolver, em particular ao João Correia e à Eng<sup>a</sup> Célia Sousa por todo o apoio ao longo do estágio.

À família e amigos que ajudaram de alguma maneira ao longo do curso e deste projeto.

# Índice

Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tabelas .....	ix
Lista de abreviaturas .....	x
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Estrutura do documento .....	2
2. Métodos e dados .....	4
2.1. Sistemas de referência coordenados.....	4
2.1.1. Sistema Hayford-Gauss / Datum 73 no IFAP .....	4
2.1.2. Sistema PT-TM06/ETRS89 .....	5
2.2. ERDAS IMAGINE 2011 .....	5
2.3. ArcGIS 10.1 .....	8
2.4. Dados Utilizados .....	10
2.4.1. Imagens aéreas .....	10
2.4.2. Ortoimagens GeoEye .....	10
2.4.3. Parcelar Agrícola.....	11
2.4.4. Vértices Geodésicos .....	11
2.4.5. Modelo Digital de Elevação.....	11
3. Trabalhos realizados no âmbito do estágio .....	12
3.1. Ortorretificação .....	12
3.1.1. Ortorretificação de fotografias aéreas .....	12
3.1.2. Ortorretificação de imagens de satélite IKONOS-2.....	17
3.2. Equalização de histogramas de ortimagens.....	19
3.2.1. Caracterização da área .....	20
3.2.2. Metodologia .....	21
3.2.3. Resultados .....	23
3.3. Controlo de qualidade de ortimagens.....	24
3.3.1. Caracterização da área .....	24
3.3.2. Metodologia .....	25
3.3.3. Resultados e análise .....	26

4.	Impacto da transformação de coordenadas no Parcelar Agrícola .....	32
4.1.	Escolha do método a implementar .....	32
4.2.	Geração do Método .....	33
4.2.1.	Testes sobre o método gerado .....	37
4.2.2.	Resultados dos testes.....	39
4.3.	Implementação do método das grelhas .....	43
4.3.1.	Resultados da transformação no Parcelar .....	44
5.	Conclusões .....	48
6.	Referências bibliográficas.....	49

# Índice de Figuras

Figura 1 – Enquadramento da Carta Militar 411 .....	13
Figura 2 – Metodologia seguida na ortorretificação .....	14
Figura 3 – MDS para a Carta Militar 411 .....	15
Figura 4 – (a) <i>Seamlines</i> geradas automaticamente; (b) Disposição sobre o enquadramento .....	15
Figura 5 - Resultado final dos ortofotos criadas da Carta Militar 411 .....	16
Figura 6 – Enquadramento do bloco CRU em Portugal .....	17
Figura 7 – Ortoimagens finais obtidas .....	19
Figura 8 – Enquadramento de ALV (Alvito) em Portugal com as ortoimagens originais .....	20
Figura 9 – Metodologia possível para a equalização de imagens .....	21
Figura 10 – Ortoimagens equalizadas .....	22
Figura 11- Mosaico final equalizado .....	23
Figura 12 – Distribuição dos blocos em Portugal e Arcos de Valdevez (ARV) em pormenor .....	25
Figura 13 – Distribuição dos pontos de controlo e suas diferenças em M e P estimadas .....	27
Figura 14 – Erro médio quadrático do controlo posicional das ortoimagens .....	29
Figura 15 – Erro médio do controlo posicional das ortoimagens .....	29
Figura 16 – Desvio padrão do controlo posicional das ortoimagens .....	30
Figura 17 – Rede viária sobreposta a uma ortoimagem avaliada; [Fonte: OpenStreetMap] .....	31
Figura 18 – Distribuição dos 961 pontos no país .....	34
Figura 19 – Mapas das grelhas segundo interpolação kriging de $\Delta M$ e $\Delta P$ .....	34
Figura 20 – a) Mapa de deslocamentos da transformação; b) Mapa do gradiente com base em a) .....	36
Figura 21 – Exemplo padrão da área do quadrado transformado num retângulo .....	38
Figura 22 – Conjunto de pontos de apoio utilizados .....	39
Figura 23 - Diferenças nas áreas calculadas nos dois sistemas .....	42
Figura 24 - Diferenças percentuais das áreas calculadas nos dois sistemas .....	42
Figura 25 – Parcelário Agrícola usado para a análise (ARV, ALV e ANS de norte para sul) .....	44
Figura 26 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ARV .....	46
Figura 27 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ALV .....	46
Figura 28 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ANS .....	46



# Índice de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros do sistema de coordenadas do IFAP, I.P. ....	4
Tabela 2 – Parâmetros do sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89 .....	5
Tabela 3 – Especificações da câmara e voo usados .....	10
Tabela 4 – Especificações das imagens utilizadas. Fonte: metadados .....	10
Tabela 5 – Controlo posicional dos ortofotos criados.....	16
Tabela 6 – Controlo posicional das ortoimagens criadas.....	19
Tabela 7 – Resultados estatísticos dos blocos PAL, ALV e ANS para 20, 41 e 53 pontos de controlo respetivamente .....	27
Tabela 8 – Resultados estatísticos dos blocos SIL e MON para 60 e 26 pontos de controlo respetivamente .....	28
Tabela 9 – Controlo de qualidade externa do bloco ARV a 20 pontos de controlo .....	28
Tabela 10 – Erros da transformação Bursa-Wolf e Molodensky de Datum 73 para ETRS89/PT-TM06 utilizando os 833 vértices de 2ª ordem (Fonte: DGT, 2014).....	32
Tabela 11 – Estatísticas dos erros da transformação com grelhas de Datum 73 para ETRS89, em 147 pontos da rede geodésica não utilizados na geração das grelhas. (Gonçalves, 2009).....	33
Tabela 12 – Estatística dos erros da transformação com grelhas de HG Datum 73 para PT-TM06/ETRS89, em 409 pontos independentes .....	35
Tabela 13 – EMQ das grelhas avaliado sobre os vértices geodésicos de 3ª e 4ª ordem (409 pontos) .....	35
Tabela 14 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Alvito (ALV) .....	39
Tabela 15 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Ansião (ANS) .....	40
Tabela 16 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Arcos de Valdevez (ARV).....	40
Tabela 17 – Diferenças nas áreas da zona SUL .....	41
Tabela 18 – Diferenças nas áreas da zona NORT .....	41
Tabela 19 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ARV .....	44
Tabela 20 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ALV .....	45
Tabela 21 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ANS .....	45

# Lista de abreviaturas

AIG – Associação Internacional de Geodesia

ETRS89 – *European Terrestrial Reference System 1989*

IFAP, I.P. – Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas

INSPIRE – *Infrastructure for Spatial Information in Europe*

ISO – *International Organization of Standardization*

JRC – *Joint Research Center*

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDS – Modelo Digital de Superfície

PAC – Política Agrícola Comum

SIP – Serviço de Identificação Parcelar

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

O trabalho aqui documentado foi realizado no âmbito de um estágio realizado no IFAP, I.P. (Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas), entre os dias 1 de Outubro de 2013 e 31 de Janeiro de 2014.

O IFAP, I.P., tem por missão, proceder à validação e ao pagamento decorrente do financiamento da aplicação de diversas medidas definidas a nível nacional e comunitário, no âmbito da agricultura, desenvolvimento rural, pescas e setores conexos, bem como propor as políticas e estratégias de tecnologias de informação e comunicação no âmbito da agricultura e pescas.

As atribuições do IFAP, I.P. são:

- Garantir o funcionamento dos sistemas de apoio e de ajudas diretas nacionais e comunitárias e a aplicação, a nível nacional, das regras comuns para os regimes de apoio direto no âmbito da Política Agrícola Comum (PAC);
- Garantir o cumprimento da função de organismo pagador do Fundo Europeu Agrícola de Garantia (FEAGA) e do Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER);
- Garantir o cumprimento da função de autoridade de certificação no âmbito do Fundo Europeu das Pescas (FEP), bem como de organismo intermédio na aceção do regulamento (Comunidade Europeia) N.º 1198/2006, de 27 de julho de 2006;
- Executar a política estratégica na área das tecnologias de informação e comunicação, para o setor da agricultura e pescas, assegurando a construção, gestão e operação das infraestruturas na respetiva área de atuação;
- Apoiar o desenvolvimento da agricultura e das pescas, bem como do setor agroalimentar, através de sistemas de financiamento direto e indireto.

A ligação do IFAP,I.P. com as ciências geográficas é estabelecida diretamente através do Parcelário Agrícola, também designado por Sistema de Identificação de Parcelas (SIP), que constitui uma componente fundamental na gestão das ajudas no âmbito da Política Agrícola Comum, enquanto:

- Apoio aos agricultores na apresentação dos seus pedidos;
- Instrumento que permite à Administração assegurar o controlo adequado e o correto pagamento das ajudas.

Para tal é necessário que a informação registada no sistema seja correta e atualizada. A criação do SIP tem como objetivo a atribuição de um único número a cada elemento da exploração agrícola (parcela, prédio, grupo de parcelas e/ou prédios), de modo a permitir a referenciação geográfica das explorações agrícolas de modo unificado e coerente e a identificação dos elementos gráficos necessários ao cálculo das ajudas comunitárias e para as ações de controlo. Com base no SIP, existe hoje um Sistema de

Informação Geográfica (SIG) que gere a informação de base geográfica correspondente a mais de 400.000 produtores e perto de 3.000.000 de parcelas agrícola. [Fonte: IFAP, I.P., 2014]

O sistema de referência coordenado utilizado no SIP é o sistema Hayford-Gauss / Datum 73. De acordo com a diretiva INSPIRE os estados membros deverão usar um sistema de referência coordenado comum ETRS89. No presente ano e em conjunto com outras alterações em vigor, o IFAP decidiu uniformizar os dados no sistema de referência coordenado PT-TM06/ETRS89 de toda a informação geográfica do SIP segundo a norma ISO 19111. Neste sentido o IFAP, I.P. irá efetuar a mudança do sistema Hayford-Gauss Datum 73 para PT-TM06/ETRS89 até ao final do ano de 2014.

## 1.2. Objetivos

O objetivo deste projeto é efetuar um estudo do impacto na posição e área das parcelas resultante da mudança do sistema de referência coordenado do Parcelar Agrícola para o sistema de referência coordenado europeu (ETRS89) no sistema cartográfico local, em Portugal este é o PT-TM06.

A mudança do sistema de referência coordenado de toda a informação geográfica do IFAP, I.P. será implementada no presente ano como medida obrigatória da Comissão Europeia, a mudança do sistema em vigor para PT-TM06/ETRS89 será executada tendo em conta o método com melhores garantias de precisão nos resultados. As consequências da aplicação deste método no Parcelário Agrícola serão alvo de um estudo que visa determinar e apresentar de forma estatística o impacto causado pela transformação implementada.

Este foi o estudo definido inicialmente como projeto principal a realizar no IFAP, I.P., com a possibilidade de efetuar outros trabalhos ao longo do período de estágio como equalização de ortoimagens, realização de um controlo posicional das ortoimagens de satélite, GeoEye, adquiridas em 2013, assim como, trabalhos que possam servir de apoio para o conhecimento dos métodos utilizados no IFAP, I.P. integrados no processamento e análise de dados.

## 1.3. Estrutura do documento

Este projeto está dividido em cinco capítulos.

No primeiro capítulo são definidos o enquadramento, objetivos do projeto e a sua estrutura.

No segundo capítulo encontram-se descritos os métodos usados nos *softwares* ERDAS IMAGINE e ArcGIS para a realização dos processos do projeto. Aqui encontram-se também os dados utilizados ao longo do trabalho, como imagens de satélite de voo, vértices geodésicos ou o Parcelário Agrícola.

No terceiro capítulo estão compilados os trabalhos realizados ao longo do estágio que surgiram de forma a introduzir conceitos e métodos assim como trabalhos desenvolvidos para o IFAP, I.P. Neste capítulo são apresentadas ortorretificações para imagens de satélite e de voo onde foram explorados os métodos para a criação de ortoimagens, seguindo-se de equalização de ortoimagens utilizadas no IFAP, I.P. Foi ainda realizado um controlo posicional às ortoimagens do ano de 2013. Para cada item realizado é apresentada uma descrição sobre o tema, as áreas de estudo, métodos, resultados e suas análises.

No quarto capítulo é apresentado o estudo do impacto da mudança do sistema de referência de coordenadas na posição e área do Parcelar Agrícola. Este estudo inicia-se com uma apresentação do tema explicando a sua necessidade que visa o cumprimento da diretiva INSPIRE. Posto isto foram realizados testes de forma a perceber qual o melhor método a utilizar para a transformação do sistema de referência de coordenadas, testes sobre esse método em relação à posição e área assim como o seu impacto no Parcelar Agrícola.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões gerais do estudo.

## 2. Métodos e dados

Neste capítulo serão apresentados os sistemas de coordenadas usados ao longo do projeto, que inclui o sistema em vigor no IFAP, I.P., e o adotado pela União Europeia em vigor em Portugal. Contém ainda uma apresentação dos *softwares*, dos métodos neles usados e parâmetros escolhidos, assim como a descrição dos dados utilizados ao longo do projeto.

### 2.1. Sistemas de referência coordenados

#### 2.1.1. Sistema Hayford-Gauss / Datum 73 no IFAP

O sistema de referência coordenado utilizado no IFAP, I.P. deriva do sistema Hayford-Gauss / Datum 73. Este é um sistema que surgiu em 1973, onde com recurso a cálculo automático se fez a compensação da rede geodésica de Portugal Continental, fixando as coordenadas astronómicas de Melriça como coordenadas geodésicas [Catalão, 2010]. Foi escolhido para ponto origem do Datum um vértice geodésico no centro do País (ao contrário do Datum Lisboa que tem a sua origem numa extremidade do território) por forma a minimizar as eventuais distorções da rede [IGEO, 2014].

A origem das coordenadas retangulares é um ponto deslocado 180,598 metros W e 86,990 metros N relativamente às coordenadas cartográficas Datum Lisboa. A única diferença deste sistema de referência coordenado para o sistema utilizado no IFAP, I.P. é a origem deste ponto onde foram adicionados 200 000 metros W e 300 000 metros N à origem. Esta adição faz com que o território nacional funcione apenas com coordenadas retangulares positivas. Na Tabela 1 estão indicados os parâmetros do sistema utilizado no IFAP, I.P.

**Tabela 1 – Parâmetros do sistema de coordenadas do IFAP, I.P.**

Nome do sistema	Hayford-Gauss / Datum 73 IFAP
Projeção	Transversa de Mercator
Elipsóide	Hayford (Internacional 1924)
Semieixo maior	$a = 6378388 \text{ m}$
Achatamento	$f = 1/297$
Ponto origem das coordenadas geodésicas	Vértice geodésico Melriça (observações astronómicas de 1964)
Longitude (ponto central)	$8^{\circ}07'54,862'' \text{ W}$
Latitude (ponto central)	$39^{\circ}40'00'' \text{ N}$
Fator de escala	1,0
Falso este [m]	200180,598
Falso norte [m]	299913,010

## 2.1.2. Sistema PT-TM06/ETRS89

O ETRS89 é um sistema global de referência recomendado pela EUREF (*European Reference Frame*, Subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia) estabelecido através de técnicas espaciais de observação. No simpósio da EUREF realizado em Itália em 1990 foi adotada a seguinte resolução: "A Subcomissão da IAG para o Referencial Geodésico Europeu (EUREF) recomenda que o sistema a ser adotado pela EUREF seja coincidente com o ITRS na época de 1989.0 e fixado à parte estável da Placa Euro-Asiática, sendo designado por Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 (*European Terrestrial Reference System – ETRS89*)" [Catalão, 2010].

Em Portugal Continental foi adotado um sistema cartográfico, designado por PT-TM06 com o parâmetros indicados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Parâmetros do sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89**

Nome do sistema	PT-TM06/ETRS89
Projeção	Transversa de Mercator
Elipsóide	GRS80
Semieixo maior	a = 6378137 m
Achatamento	f = 1/298,257 222 101
Longitude (ponto central)	8°07'59,19" W
Latitude (ponto central)	39°40'05,73" N
Fator de escala	1,0
Falso este [m]	0
Falso norte [m]	0

## 2.2. ERDAS IMAGINE 2011

Este *software* encontra-se licenciado no IFAP, I.P., e foi utilizado para todo o processamento e análise de imagens aéreas e espaciais durante o estágio. O ERDAS IMAGINE é um sistema de manuseamento de dados aeroespaciais, que incorpora capacidades de processamento e análise de imagem aeroespaciais, deteção remota e ferramentas em SIG. Permite aos utilizadores criarem os seus produtos em imagens 2D e 3D, filmes em 3D e composições de mapas cartográficos de dados aéreos e espaciais.

O *software* apresenta um interface intuitivo que torna o trabalho eficiente e produtivo. O ERDAS IMAGINE também fornece ferramentas avançadas para processamento de vários dados em série, modelação espacial, produção de mapas, mosaico e deteção de alterações. [ERDAS IMAGINE, 2011]

As principais funções utilizadas neste trabalho com recurso a este *software* foram:

➤ Criação dos pontos homólogos

O ERDAS dispõe de várias definições para a recolha de pontos homólogos entre imagens sobrepostas. Os valores utilizados para as definições a seguir são os sugeridos por defeito:

- Tamanho da janela de procura de pontos homólogos (*search size*, 21 X 21);
- Janela de correlação cruzada que avalia o valor de correlação entre os pixels na janela de procura (*correlation size*, 7 X 7),
- Técnica dos mínimos quadrados que tem o propósito de garantir a qualidade dos pontos homólogos com precisão de 0,1 a 0,2 pixels (*Least square size*, 21 X 21);
- Definição do limite do coeficiente de correlação usado para validar os possíveis pontos homólogos (*coefficient limit* 0,8);

➤ Triangulação aérea

São definidos os parâmetros para efetuar a triangulação aérea no programa, estes são divididos nos separadores: geral, ponto, interior, exterior e opções avançadas.

Nas opções gerais é possível definir o máximo de iterações usado no processo da triangulação aérea e o valor de convergência limite, em metros em cada iteração. No separador, 'ponto' é possível indicar qual o desvio padrão associado às coordenadas (terreno) dos pontos de controlo ou ligação adicionados. Os separadores 'interior' e 'exterior' permitem definir a precisão da orientação interior do bloco caso seja estimada e dos parâmetros de orientação externa a determinar. As opções avançadas servem para adicionar informação extra minimizando erros de distorção do processo. O processo de triangulação aérea é efetuado, resultando um relatório com os resultados do ajustamento, que indica se os resultados coincidem ou não com os parâmetros estabelecidos inicialmente, o que pode levar a uma reavaliação dos parâmetros escolhidos ou da informação inicial do bloco. Foram usados os parâmetros *default* para a triangulação aérea.

➤ Extração do modelo digital de superfície

O *software* permite a extração da elevação do terreno automaticamente. O resultado final será um modelo digital de superfície (MDS), criado a partir de correspondência automática de imagens. O método utilizado para a extração do MDS requer a determinação da orientação interna e triangulação aérea do bloco de imagens. O programa usa um algoritmo que compara duas imagens tendo em conta as posições das entidades presentes em zonas de sobreposição de duas imagens. É então calculada a posição tridimensional no sistema de projeção associado ao bloco e definido um espaçamento para a grelha onde todos os elementos nesse espaço terão os mesmos valores de cota.

De forma a aumentar a precisão do MDS podem ser adicionados aos pontos homólogos, pontos de controlo do bloco com coordenadas (objeto) conhecidas. Como opções adicionais podem ser definidos ainda os limites de segurança na sobreposição das imagens.



➤ Método de ortorretificação

No *software* ERDAS IMAGINE, é utilizado o método indireto na obtenção das imagens ortorretificadas. Este método consiste em partir de cada posição na imagem retificada a ser criada, à qual correspondem determinadas coordenadas terreno (M, P e H retirado do modelo digital de superfície/elevação), e se calcula a posição correspondente na imagem digitalizada da foto, à qual se vai buscar o valor de cinzento a atribuir à posição (M,P) da imagem retificada. Este valor de cinzento é normalmente interpolado dos valores dos pixels vizinhos [Paula Redweik, 2013].

➤ *Seamlines*

*Weighted Seamlines*: este processo define os limites para cada ortofoto nas zonas de sobreposição com ortofotos adjacentes, tendo em conta parâmetros como a semelhança entre pixels de ortofotos sobrepostas, a direção entre pixels candidatos e o desvio padrão dos valores de pixels vizinhos.

➤ Métodos de ajustamento de contraste

São métodos que aplicados à imagem proporcionam uma melhoria na sua qualidade visual ao nível do contraste/brilho. Estes quando aplicados à imagem alteram permanentemente os valores dos pixels em toda ou parte da imagem.

- Valor constante: define um valor de brilho constante em toda a gama da imagem.
- Ajuste dinâmico do intervalo: define um pixel de valor mínimo e um de valor máximo no intervalo de valores da imagem. Consequentemente todos os valores entre o mínimo e o máximo são escalados, este método revela os detalhes nas imagens que têm valores semelhantes de cinzento.
- Gama: ajusta os valores dos pixels para que o histograma resultante tenha a forma aproximada da distribuição Gama.
- Gaussiano: ajusta a gama de valores para que o histograma resultante tenha a forma de uma distribuição normal ou de Gauss.
- Equalização do histograma: executa uma equalização automática do histograma aos valores presentes na imagem.
- Inversão: inverte os valores iniciais de forma a produzir um contraste oposto ao original.
- Nível de corte: executa um corte aos níveis de cinzento, o nível pode ser definido.
- Linear: faz com que a tabela de valores de cinzento seja linear.
- Mínimo-máximo: Faz com que a gama de valores varie linearmente entre o mínimo valor estatístico e o máximo valor na direção dos valores da imagem inicial e desde o 0 ao valor máximo de brilho da imagem final.
- Percentagem LUT: corta uma percentagem definida de cada lado do histograma (mínimo e máximo).
- Desvio padrão: executa um aumento no contraste pelo desvio padrão aos valores de cinzento da imagem.

➤ Métodos de correção de cores:

Quando há tons e brilhos diferentes entre imagens a intersetar pelo mosaico, o resultado não terá homogeneidade, para ultrapassar este problema podem ser aplicados os seguintes métodos:

- Equalização da iluminação: ajusta as variações de iluminação ou cor de uma imagem, serve para imagens que tenham uma grande diferença de brilho ao longo da imagem.
- Balanceamento de cor: este método faz um balanço das cores em cada imagem a entrar no mosaico final. O balanceamento de cor tenta remover as variações da imagem. Este método pode ser aplicado automaticamente, funcionando bem para áreas com boa sobreposição de imagem não sendo aconselhável utilizar com sobreposição inferior a 10%.
- Histograma correspondente (*histogram matching*): este permite uma correspondência da cor geral e da sombra entre imagens antes do processo de execução dos mosaicos. O histograma correspondente converte o histograma de uma banda de uma imagem assemelhando-o a outro histograma. Este método trabalha na assunção de que a diferença geral do brilho e a cor são causados por fatores externos como a atmosfera ou iluminação do sol, assim sendo todos os pixels serão afetados da mesma maneira.
- Tipo de valor do pixel: esta opção é útil caso tenha sido aplicado algum operador de melhoramento de contraste nas imagens originais. No caso de querermos continuar com o valor dos pixels melhorados a opção a escolher é a de tabela de contraste, por outro lado é escolhida a opção valor do pixel.
- Exclusão de áreas: é uma opção onde se definem as áreas da imagem a excluir do processo de correção de cor. Alguns exemplos de áreas a excluir podem ser áreas urbanas isoladas com alto brilho, reflexo do sol ou regiões escuras de água.

## 2.3. ArcGIS 10.1

Este *software* licenciado no IFAP, I.P. e na Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa, foi maioritariamente utilizado para geração das imagens com informação geográfica apresentadas no relatório. O ArcGIS foi desenvolvido pelo instituto americano *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), e define-se como uma plataforma primária para realizar as análises em ambiente SIG.

Este tem, por exemplo, como operações possíveis de realizar a utilização de várias projeções cartográficas, produção cartografia de alta qualidade, análises espaciais de dados vetoriais ou raster ou leitura direta de arquivos *shapefiles* (ArcView), CAD, imagens (TIFF, JPEG, BMP, etc.), grids (raster), ou tabelas (atributos).

As principais funções usadas com este *software* foram:

➤ *Average nearest neighbor*

Calcula o índice de vizinho mais próximo baseado na distância média de cada elemento ao seu vizinho mais próximo. Esta ferramenta retorna 5 valores como resultado: distância média observada, distância média esperada, índice do vizinho mais próximo, z-score e p-score.

➤ *Slope*

Para cada célula, esta ferramenta calcula a taxa máxima de variação do valor dessa célula para a sua vizinhança. O cálculo da taxa máxima de variação para cada célula é calculado tendo em conta a distância para as outras células e o seu valor, calculando o gradiente desse pixel. É utilizada uma matriz de 3 X 3 para o cálculo da taxa de variação, quando mais baixo o valor obtido pelo método mais regular é a transição entre o valor das células nessa variável. É obtido um raster como resultado final, este pode ser apresentado em graus ou por percentagem de gradiente. O método utiliza a seguinte fórmula:

$$slope_{graus} = \text{atan} \left( \sqrt{\left( \left[ \frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[ \frac{dz}{dy} \right]^2 \right)} \right) * \frac{180}{\pi} \quad (1)$$

➤ *Geostatistical Analyst*

O método usado foi o Kriging, este é um método de interpolação probabilístico que considera a direção e a continuidade do fenómeno. O modelo usado assume que:

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s) \quad (2)$$

Onde:

- $Z(s)$ : é a variável com distribuição em função da localização  $s$ .
- $\mu(s)$ : é a componente determinística (distribuição global do fenómeno espacial).
- $\varepsilon(s)$ : é a componente aleatória (variação local dentro de uma área).

Os diferentes modelos variam consoante as hipóteses assumidas para  $\mu(s)$ , no modelo aqui utilizado se  $\mu(s)$  variar mas for estacionário numa vizinhança centrada no local onde se pretende estimar o valor da variável então designa-se por kriging ordinário. A estimativa dos valores para um ponto  $s$ , é determinado por este método, através de uma média ponderada dos valores de todas as amostras, os pesos associados a cada amostra,  $\lambda_i$ , apresentam soma igual a 1. A expressão geral do método é dada por:

$$\hat{Z}(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(S_i) \quad (3)$$

## 2.4. Dados Utilizados

### 2.4.1. Imagens aéreas

As imagens utilizadas para a ortorretificação, na seção 3.1.1., foram obtidas através de fotografias aéreas, num voo realizado em junho de 2012. Para a obtenção das fotografias a câmara utilizada foi a UltraCam Eagle, caracterizada pelas especificações indicadas na Tabela 3.

**Tabela 3 – Especificações da câmara e voo usados**

Câmara	Número de pixels	Pixel [ $\mu\text{m}$ ]	Distância focal [mm]
UltraCam Eagle Vexcel	6670 X 4360	5,2	79,8
Voo	Nº de fiadas	Nº de fotografias (por fiada)	Altura média [m]
Recurso a GPS/INS/FMS	3	13 ( $\approx$ 1 por cada km)	7160

Na seção 3.1.2. foram utilizadas duas imagens do satélite IKONOS-2, cujas especificações se encontram no anexo C. Os dados utilizados estão caracterizados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Especificações das imagens utilizadas. Fonte: metadados**

Data de aquisição	Ângulo azimutal solar (°)	Ângulo de elevação do sol (°)	Cobertura das nuvens (%)	Bandas usadas	Tamanho do pixel [m]
16-04-2013	149,09	59,78	0	R, G, B e NIR	0,8

As imagens vêm com um ficheiro de dados, que contém pontos de campo, estes servirão como apoio para a orientação externa das imagens e consequentemente à sua ortorretificação. Os pontos de campo de cada imagem encontram-se em WGS84 (projeção UTM, hemisfério norte fuso 29).

### 2.4.2. Ortoimagens GeoEye

As ortoimagens utilizadas na seção 3.2. (equalização de imagens) e 3.3. (controlo posicional) derivam de imagens do satélite GeoEye-1 (lista de especificações no Anexo C). O sistema GeoEye-1 foi construído para adquirir áreas grandes em uma só passagem (até 100 X 100 km ou 300 X 50 km). Atualmente o sensor do GeoEye-1 só recolhe imagens numa direção, tendo como preferência a direção este-oeste.

Devido à muito alta resolução (GSD de 0,5 m), e grande exatidão de georreferenciação, este satélite é recomendado por exemplo para zonas onde hajam poucos pontos de controlo.

Os produtos GeoEye-1 são pedidos por km<sup>2</sup> e incluem:

- Os coeficientes racionais polinomiais;
- Pacote com 4 bandas multiespectrais;
- Imagens com ângulos de elevação entre 50-90°;
- Percentagem de cobertura das nuvens entre 0-10%;
- Reamostragem convolução cúbica;
- O ajuste de intervalo dinâmico desligado;
- Imagens de 16 bits;
- Informação em *Datum* WGS84 UTM;
- Entregue por DVD;

### **2.4.3. Parcelar Agrícola**

Na seção 4.3. foram usados conjuntos de dados vetoriais (polígonos) correspondentes aos elementos gráficos do Parcelar Agrícola (ou Parcelário Agrícola) em Portugal. O Parcelário Agrícola refere-se a uma área contínua de terra, declarada por um agricultor, que não cobre mais do que um único grupo de culturas com um área mínima para controlo administrativo de 100 m<sup>2</sup>. O Parcelário é obtido através do Serviço Identificação Parcelar por deteção remota, utilizando ortofotos e ortoimagens para a tomada de decisão da delimitação das parcelas agrícolas.

### **2.4.4. Vértices Geodésicos**

Foi utilizado o conjunto de pontos que representa a informação vetorial dos cerca de 9 mil vértices geodésicos presentes na Rede Geodésica Nacional. Estes pontos encontram-se divididos em 3 ordens relacionados com a importância/visibilidade dos marcos geodésicos fixados no terreno e apresentam a informação das coordenadas tridimensionais de cada ponto para o sistema de coordenadas de referência adotado. Esta informação vetorial é usada na seção 3.3. para o controlo posicional e na seção 4.2. como base para a interpolação.

### **2.4.5. Modelo Digital de Elevação**

Foi utilizado o modelo digital de elevação disponibilizado pelo IFAP, I.P. na seção 3.1.2, este é um MDE referente a todo o país obtido á escala 1:25 000, que foi adensado com pontos de coordenadas conhecidas (vértices geodésicos, pontos fotogramétricos) e com um tamanho de célula de 20 metros.

## **3. Trabalhos realizados no âmbito do estágio**

Neste capítulo serão apresentados os trabalhos realizados ao longo do estágio que surgiram de forma a introduzir conceitos, métodos e também trabalhos desenvolvidos no IFAP, I.P. São aqui descritas as ortorretificações para imagens aéreas e espaciais, seguindo-se a equalização de ortoimagens utilizadas no IFAP, I.P. É também apresentado um controlo posicional às ortoimagens do ano de 2013. Para cada item realizado é apresentado o seu tema, as suas áreas de estudo, métodos, resultados e análises.

### **3.1. Ortorretificação**

A ortorretificação de imagens surge com o objetivo de funcionar como parte da integração dos mecanismos usados no IFAP, I.P. nesta área. As imagens ortorretificadas serão utilizadas ao longo do estágio o que torna este processo fundamental para perceber como foram gerados os ortofotos. A ortorretificação a realizar terá como base fotografias aéreas digitais e imagens de satélite de muito alta resolução, sendo denominadas por ortofotos e ortoimagens respetivamente, são apresentados os dois exemplos.

A retificação de fotografias tem como objetivo transformar uma fotografia, a qual é uma projeção central, numa imagem que seja uma projeção ortogonal do terreno. Através da ortorretificação obtém-se uma representação do pormenor do objeto (terreno) fiel na sua posição planimétrica e com tanta densidade de informação como a fotografia original [Redweik, 2013].

A geração de ortofotos visa portanto eliminação das distorções projetivas e perspectivas das fotografias mantendo a sua informação visual densa e garantindo uma geometria rigorosa de escala homogénea com recurso a referências terreno 3D e um modelo digital de elevação. Os ortofotos são gerados tendo em conta um sistema de coordenadas (informação georreferenciada) que facilita a interpretação da informação.

#### **3.1.1. Ortorretificação de fotografias aéreas**

O primeiro trabalho consistiu na ortorretificação de fotografias aéreas digitais, correspondentes á zona da Carta Militar 411 à escala 1:25 000. O resultado final contém 16 ortofotos, cada uma relativa à área ocupada para a Carta derivada da 411 à escala 1:10 000. Foi executada também a ortorretificação para as fotografias da Carta Militar 410, no final são comparados os resultados estatísticos.

### 3.1.1.1. Caraterização da Área

A Figura 1 ilustra o enquadramento da Carta Militar de Portugal folha 411 – Santa Vitória do Ameixial, Estremoz, à escala 1:25 000, esta coincide sobre os concelhos de Estremoz, Sousel e Arraiolos.

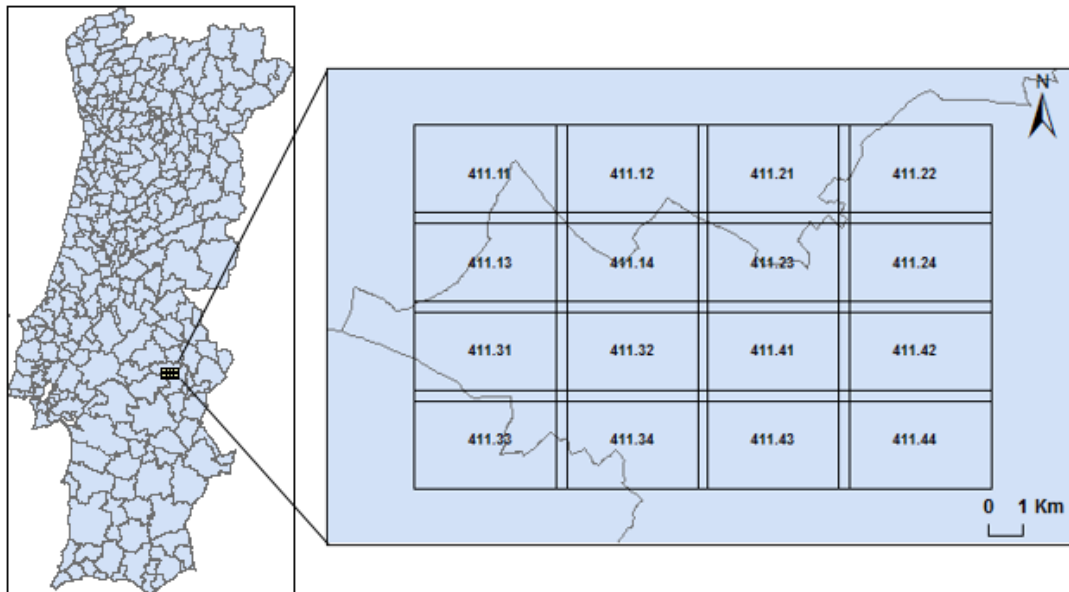


Figura 1 – Enquadramento da Carta Militar 411

A área ocupada pela Carta cobre uma extensão de aproximadamente 160 km<sup>2</sup> (16 E X 10 N km), com o canto superior esquerdo na posição (231850 E, 220150 N) no sistema de referência do IFAP, I.P. Os ortofotos têm uma área de sobreposição de 150 m à volta da imagem, comparando com o tamanho real da Carta no terreno.

### 3.1.1.2. Metodologia utilizada

Para o processo de ortorretificação das fotografias aéreas, foi seguida a metodologia de trabalho indicada pelo IFAP, I.P., esta metodologia encontra-se ilustrada no esquema da Figura 2.

O passo inicial é a conversão do formato original das fotografias de TIFF para IMG. Esta conversão é realizada já que, IMG é o formato usado para imagens no *software* (ERDAS IMAGE 2011). A redução da resolução radiométrica das fotografias de 16 bits (*unsigned*) para 8 bits (*unsigned*), é executada para se obter uma simplificação da informação do ficheiro.

Com estas imagens é criado um projeto que inclui o bloco de imagens a ortorretificar do voo efetuado, georreferenciado, adicionando os parâmetros do sistema de referência coordenado do IFAP, I.P. (seção 2.1.1.). Ao bloco criado são adicionados os parâmetros de orientação interna, Tabela 3, que determinam a

posição do plano imagem dentro da câmara e os parâmetros de orientação externa que determinam a posição da câmara e a orientação do eixo fotográfico no espaço objeto. Os parâmetros de orientação externa foram recolhidos por GPS/IMU aquando da aquisição das fotografias.



**Figura 2 – Metodologia seguida na ortorretificação**

Com a orientação do bloco definida segue-se a triangulação aérea automática, que permite determinar os parâmetros de orientação externa do bloco e as coordenadas tridimensionais (M, P e H) dos pontos de verificação (ligação e passagem). Para tal é necessário a criação de pontos homólogos entre as imagens sobrepostas (pontos ligação e de passagem), o método automático utilizado tem por base métodos de processamento digital de imagem. Para a geração destes pontos foram utilizadas as definições propostas por defeito pelo *software*. Neste caso específico não foram usados pontos fotogramétricos, tendo sido usado apenas as coordenadas dos pontos centrais das fotografias como referência (orientação externa). Para a Carta Militar adjacente (410), foram adicionados ao bloco 6 pontos fotogramétricos. A triangulação aérea é concluída com a validação das coordenadas dos pontos homólogos criados, pelo seu erro médio quadráticos após o ajustamento.

Para a ortorretificação é ainda necessário a informação altimétrica do local, são assim extraídos os 39 modelos digitais de elevação, obtidos por cada par de fotografias, em que foi definido um espaçamento de grelha de 5 metros (definido com 5 a 20 vezes o tamanho do pixel da imagem) com uma precisão de 5 metros (2 vezes o EMQ máximo necessário), com 15 % de corte da área de correlação sobre a sobreposição (60 %) entre as fotografias para a geração do MDS. É gerado um relatório de cada MDE, deste é possível confirmar a sua validade pelo valor do EMQ (com um valor próximo de 0 m). No final é feita a junção dos 39 modelos digitais de superfície, compondo assim o MDS final para a Carta Militar 411.

Com base no MDS total, Figura 3, e no bloco de fotografias orientado, são criados ortofotos de cada fotografia aérea. No *software* é definido o método de interpolação, no caso, convolução cúbica e o



tamanho do pixel de 0,5 metros. Para definir o limite de cada ortofoto nas zonas de sobreposição é aplicado um método automático de *seamlines*, aqui o *weighted seamlines*. Caso ocorram falhas nas ligações, as *seamlines* são ajustadas manualmente nas zonas em questão. Na Figura 4 está exemplificado a composição das *seamlines* geradas e disposição dos ortofotos sobre o enquadramento da Carta Militar.

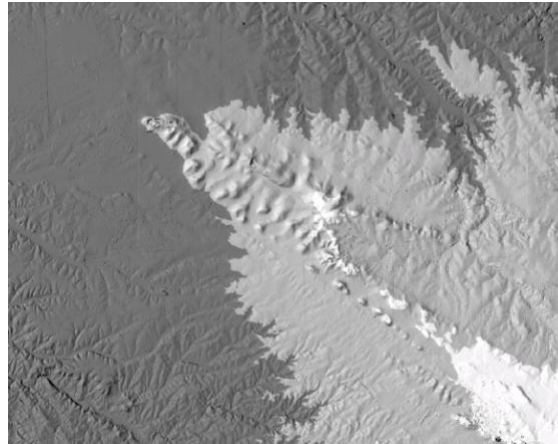


Figura 3 – MDS para a Carta Militar 411

Nesta fase é apenas necessário obter ortofotos da zona da Carta Militar. São então criados os mosaicos que são definidos com polígonos referentes à área da Carta Militar, esta é dividida em 16 ortofotos de aproximadamente 4,0 E X 2,5 N km cada.

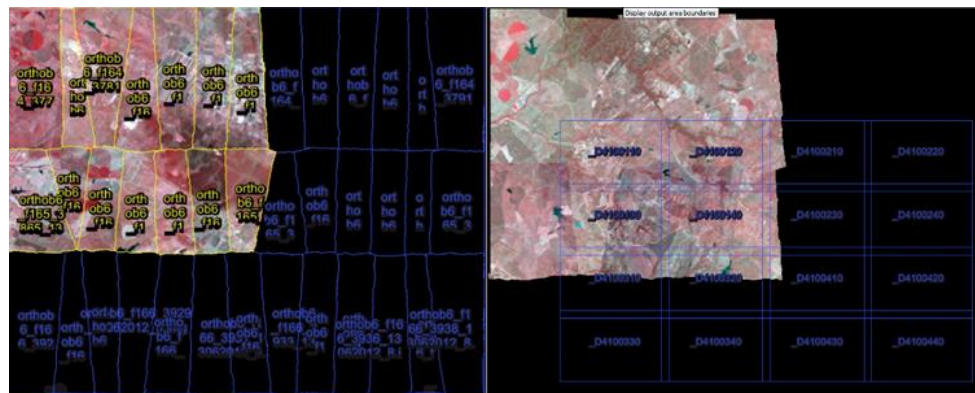


Figura 4 – (a) *Seamlines* geradas automaticamente; (b) Disposição sobre o enquadramento

Para a validação dos ortofotos criadas foi feita um controlo posicional aos pontos de controlo de coordenadas conhecidas disponíveis. O método seguido consiste em observar a posição do ponto de controlo na ortofoto e registar a sua coordenada, daqui é feita a diferença entre as coordenadas estimadas e reais e avaliados os resultados estatísticos.

### 3.1.1.3. Resultados e análise

O resultado final alcançado foram 16 ortofotos, Figura 5, correspondentes a uma área de aproximadamente 160 km<sup>2</sup> (16 E X 10 N km).

Os resultados estatísticos do controlo de qualidade estão presentes na Tabela 5, tanto para a Carta Militar 411 como para a 410. O controlo posicional foi feito com 10 pontos para os ortofotos das duas Cartas Militares, este foi o número máximo de pontos de controlo bem visíveis nos ortos (tabela completa no Anexo A). O controlo de qualidade efetuado é por isso estatisticamente não relevante na validação dos produtos obtidos, já que 20 é o número mínimo de pontos considerados válidos para uma avaliação da qualidade de ortofotos, segundo os requisitos da JRC.

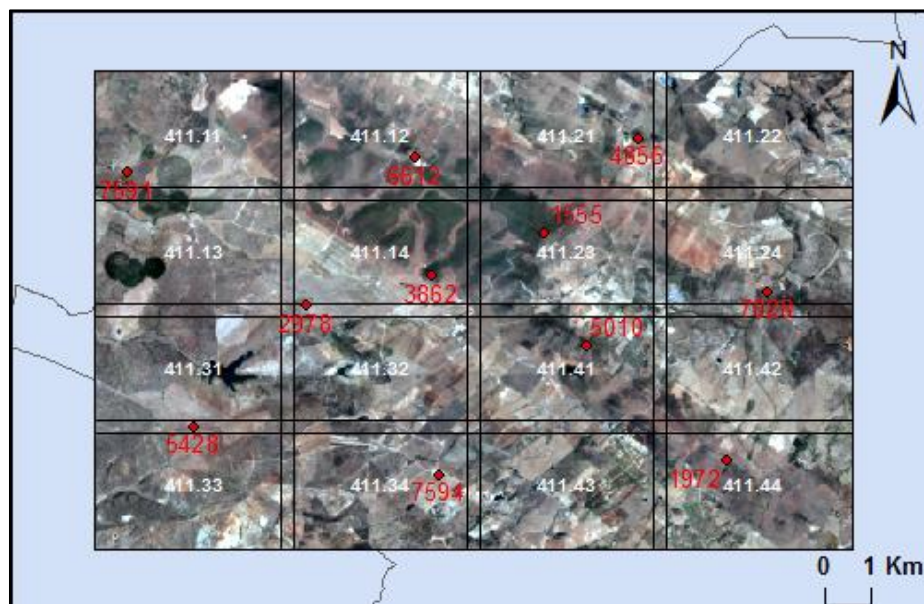


Figura 5 - Resultado final dos ortofotos criadas da Carta Militar 411

Tabela 5 – Controlo posicional dos ortofotos criados

	Carta 411		Carta 410	
	Erros em M	Erros em P	Erros em M	Erros em P
EMQ [m]	1,55	3,01	0,83	0,42
Erro médio [m]	0,77	0,35	0,74	0,36
Erro máximo [m]	3,17	6,99	1,57	0,81
Desvio padrão [m]	1,41	3,14	0,67	0,44
Estado	<b>Pass</b>	<b>Fail</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

Dos resultados, ainda assim podemos fazer uma análise do processo de ortorretificação das imagens da Carta 411, os ortofotos aparentemente não podem ser dados como válidos, atendendo aos resultados

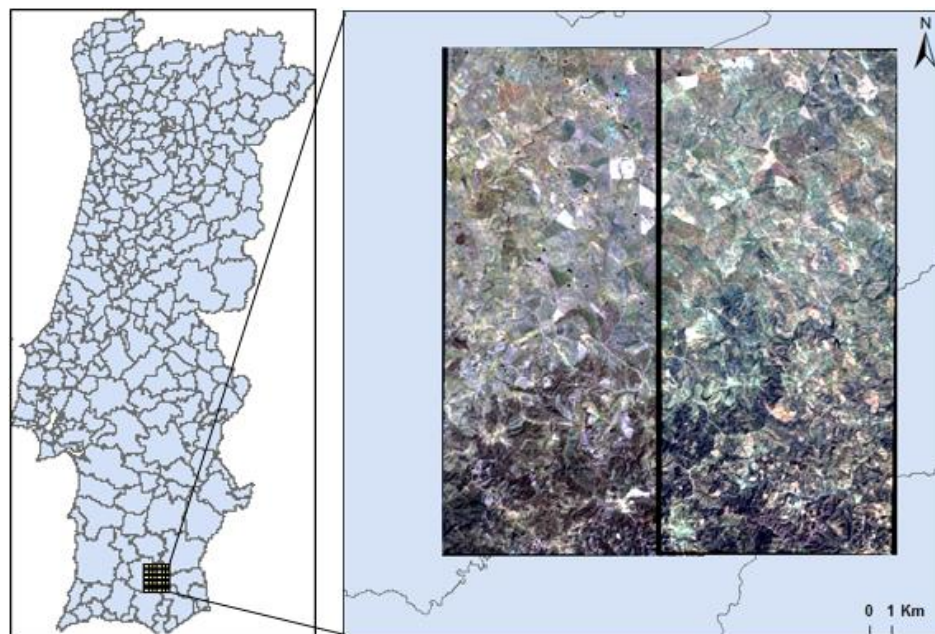
estatísticos dos pontos controlados, já que o erro médio quadrático em P é superior ao EMQ máximo admissível (2,5 metros), para este tipo de fotografias aéreas. Para a Carta 410 o erro médio quadrático em M e P encontra-se abaixo dos 2,5 metros o que validaria o processo de ortorretificação adotado com um número mínimo de 20 pontos controlados. Como seria de esperar, a Carta 410 apresenta melhores resultados por se terem usado pontos fotogramétricos no processo de triangulação aérea.

### **3.1.2. Ortorretificação de imagens de satélite IKONOS-2**

A partir de imagens de satélite de muito alta resolução, IKONOS-2, foi efetuada a correção geométrica de imagens. O resultado final será um mosaico de ortoimagens criado para o enquadramento da região correspondente.

#### **3.1.2.1. Caracterização da área**

O enquadramento das imagens de satélite utilizado é designado por CRU, Figura 6, geograficamente situa-se no sul de Portugal Continental, cobrindo os concelhos de Almodôvar e Mértola.



**Figura 6 – Enquadramento do bloco CRU em Portugal**

A área ocupada pelas imagens cobre uma extensão de aproximadamente 800 km<sup>2</sup>, com o canto superior esquerdo na posição (203850 E, 65150 N) no sistema de referência do IFAP,I.P.

### **3.1.2.2. Metodologia**

O método adotado para a ortorretificação de imagens de satélite é idêntico ao anterior para fotografias áreas. Começando por uma redução da resolução radiométrica de cada banda (vermelho, verde, vermelho e infravermelho próximo) do satélite e consequente junção dessas bandas numa única imagem.

No ERDAS IMAGINE é criado um projeto onde são definidos os sistemas de referência coordenados do IFAP, I.P. (secção 2.1.1.), adicionadas as imagens e seus parâmetros de orientação interna e externa. A orientação externa aqui é obtida através do cálculo dos RPC (*rational polynomial coefficients*), que utiliza os dados fornecidos pelo ficheiro de pontos de campo dando a relação direta entre as coordenadas imagem e coordenadas objeto. Ao projeto é ainda adicionado o ficheiro do MDE da região.

São marcados nas imagens alguns pontos de controlo de forma clássica. Os pontos de controlo podem ser pontos fotogramétricos ou vértices geodésicos bem visíveis, que são reconhecidos com base nas fichas dos pontos fotogramétricos. Após o reconhecimento na imagem é adicionado ao ponto a coordenada tridimensional real.

As imagens de satélite não têm sobreposição suficiente para a obtenção de pontos homólogos que funcionam como pontos de ligação e/ou de passagem, sendo assim são utilizados ortofotos da região o mais recente possíveis para a identificação de pontos de apoio.

Após a validação do ajustamento da triangulação aérea do bloco com base nos pontos de apoio criados e assegurando a integridade do bloco é feita a ortorretificação das imagens.

Para a validação das ortoimagens criadas foi efetuado um controlo posicional com 21 pontos de controlo, nenhum dos pontos utilizados para o controlo posicional foi usado no processo de ortorretificação.

### **3.1.2.3. Resultados e análise**

As ortoimagens criadas foram intersetadas pelo enquadramento da região correspondente. Assim o resultado foram 45 ortoimagens de aproximadamente 4,0 E X 2,5 N km cada, ilustrados na Figura 7.

Na Tabela 6 encontram-se os resultados estatísticos do controlo posicional realizado a 21 pontos de controlo visíveis e independentes do processo de ortorretificação. No Anexo B está a tabela com o erro estimado de cada ponto de controlo, assim como uma figura com a distribuição dos pontos e o seu vetor de erro estimado.

Do controlo posicional feito com os 21 pontos identificados nas ortoimagens, é possível confirmar a validade da qualidade posicional do processo de ortorretificação. Da análise estatística pode-se verificar

que o erro médio quadrático nunca é superior a 1,80 metros o que representa uma clara validação das ortoimagens em que o máximo exigido é de 2,50 metros.

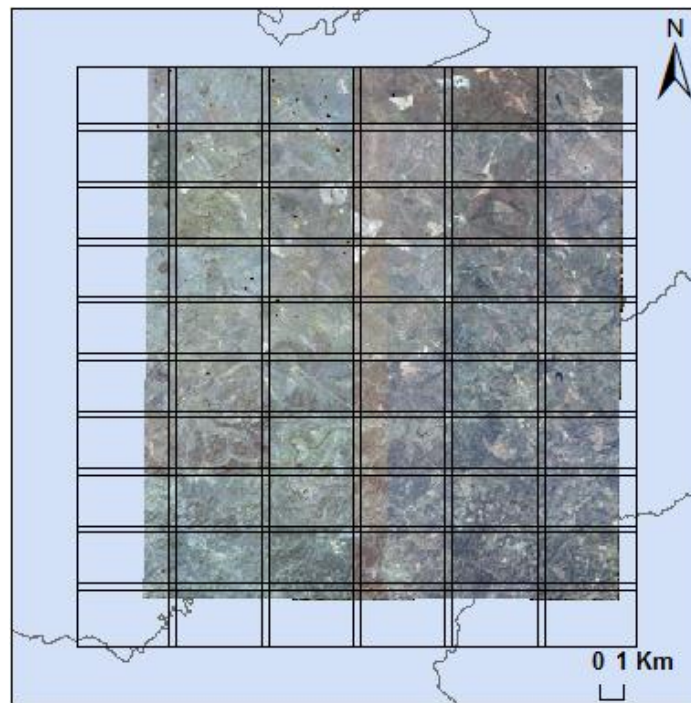


Figura 7 – Ortoimagens finais obtidas

Tabela 6 – Controlo posicional das ortoimagens criadas

	Erros em M [m]	Erros em P [m]
EMQ	1,27	1,79
Erro médio	1,06	1,62
Erro máximo	2,59	3,16
Desvio padrão	0,76	1,82
Estado	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

### 3.2. Equalização de histogramas de ortoimagens

No IFAP, I.P. a utilização de ortoimagens é essencial para os trabalhos que envolvam qualquer controlo por deteção remota feito ao Parcelário Agrícola. Como tal é necessário que as ortoimagens tenham um bom aspeto visual e que haja uma homogeneidade nas imagens de cada bloco, posto isto foi proposto um trabalho que envolve um tratamento digital das imagens ao nível do seu contraste e brilho. A melhoria da qualidade visual foi obtida com métodos de processamento digital de imagem com foco na modificação do histograma referente às imagens.



Um histograma é um diagrama que representa a frequência de ocorrência dos níveis de cinzento de uma imagem. Embora a forma do histograma forneça informação útil para a análise do contraste de uma imagem, não descreve o conteúdo dessa imagem. A equalização do histograma modifica o histograma da imagem original de tal forma que a imagem transformada tenha um histograma uniforme, ou seja, todos os níveis de cinza devem aparecer na imagem com a mesma frequência [Soares, 2013]. Na prática, a obtenção de um histograma perfeitamente uniforme não é possível devido à natureza das imagens digitais, cujos pixels podem assumir somente valores discretos [Soares, 2013].

### 3.2.1. Caracterização da área

A equalização das ortoimagens foi feita para vários enquadramentos ao longo do país, por isso foi escolhido apenas um para a sua descrição e apresentação dos resultados. O enquadramento em questão é denominado por ALV (Figura 8) com uma extensão de aproximadamente 1200 km<sup>2</sup>, este enquadramento situa-se no alto Alentejo centrado no concelho de Alvaro cobrindo outros concelhos da região como Cuba ou Viana do Alentejo.

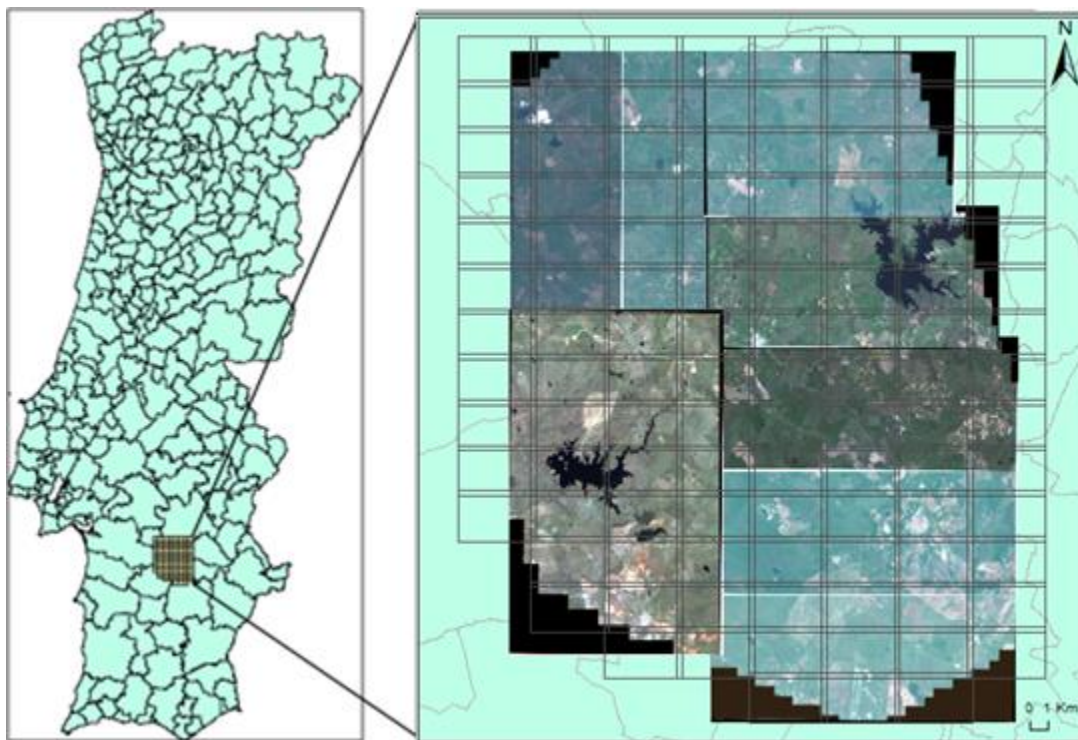


Figura 8 – Enquadramento de ALV (Alvito) em Portugal com as ortoimagens originais

A área ocupada pelo bloco tem o canto superior esquerdo na posição (199850 E, 123650 N) no sistema de referência do IFAP, I.P.

### 3.2.2. Metodologia

Para a equalização dos histogramas das ortoimagens foi adotado o processo sugerido no IFAP, I.P. para este fim, ainda que este processo seja algo variável e personalizado dependendo das diferentes especificidades das imagens que levam a diferentes abordagens e estratégias. Questões como a diferentes datas de aquisição das imagens, diferentes condições climáticas, luminosidade, diferentes elementos presentes na imagem são obstáculos que influenciam tanto a homogeneização como o alcance de boas condições visuais para as ortoimagens finais. A Figura 9 apresenta uma metodologia possível a utilizar para a equalização das ortoimagens.

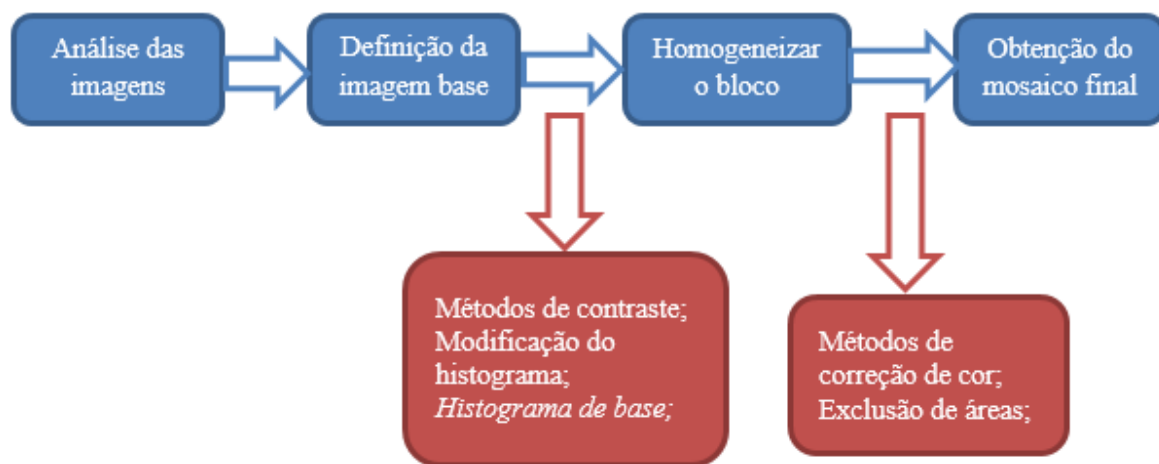


Figura 9 – Metodologia possível para a equalização de imagens

Inicialmente é feita uma análise à qualidade visual das imagens para perceber que tipo de elementos se encontram na imagem e como será a melhor abordagem para melhorar a sua qualidade visual. Desta análise pode também ser escolhida uma imagem que servirá de base em termos visuais para as restantes, para esta escolha são tidos em conta fatores como o brilho, contraste, quantidade de nuvens e diversidade de elementos no terreno. A diversidade de elementos e o que representam é essencial para uma boa equalização dos histogramas das imagens, por exemplo, os enquadramentos a equalizar são normalmente zonas do meio rural com predominância de vegetação (verde), por este motivo não será aconselhável ter como base uma imagem que cubra grande parte de terreno urbano ou rochoso.

Com a imagem de base escolhida, pode ser necessário aplicar um método de contraste automático à imagem ou alterar a distribuição da frequência dos histogramas associados (RGB). O processo termina ao atingir um estado considerado ideal para uma melhor recolha de informação quantitativa da imagem.

Com a imagem modificada esta é tomada como modelo para a obtenção das restantes imagens do bloco até este atingir um estado de maior homogeneidade e qualidade possível. Os passos a tomar até chegar a um estado considerado ideal não são regulares, já que nem todos os processos funcionam, e os que funcionam para uma imagem podem não funcionar para a seguinte devido a todas as diferentes

caraterísticas que estas podem ter. São apresentados alguns métodos que podem ser tomados como guias na concretização do objetivo final:

- 1- Caso as imagens tenham sido adquiridas no mesmo período temporal e contenham semelhantes elementos no terreno, pode ser aplicado um processo manual de *histogram matching* a partir da imagem modelo escolhida. Aqui o histograma da imagem base é guardado e aplicado às restantes imagens.
- 2- Caso tenha sido aplicado algum método automático de contraste do *software* à imagem base, este pode ser testado nas restantes imagens. Aqui as probabilidades de obter um bom resultado são boas apenas se o contraste entre as imagens for semelhante.
- 3- Nos casos mais difíceis em que nenhuma das opções anteriores obtém um bom resultado, pode-se optar pela modificação manual do histograma das imagens nas várias bandas (RGB). Esta manipulação manual é realizada com recurso a pontos de quebra (*breakpoints*), que permitem uma mudança na forma do histograma e com isto alteração dos valores de cinzento dos pixels.

Após a obtenção da equalização total do bloco de imagens (Figura 10) é necessário eliminar as zonas de sobreposição e delimitar as ortoimagens pelo mosaico do enquadramento em que cada ortoimagem é representada por 4,0 E X 2,5 N km.

As zonas de sobreposição são delimitadas calculando automaticamente as *seamlines* no *software*. Daqui as ortoimagens são intersetadas com o mosaico dos polígonos de cada ortoimagem atribuído do enquadramento.



Figura 10 – Ortoimagens equalizadas



Esta operação pode apresentar alguns problemas em algumas ortoimagens (4,0 E X 2,5 N km), caso estejam contidas mais que uma ortoimagem inicial num único polígono. A ortoimagem final apresentará diferentes tonalidades nas cores e diferentes contrastes deixando de ser possível a sua utilização futura.

O problema levanta-se sobretudo se as imagens em questão têm um histograma diferente, este pode ser resolvido caso haja zona de sobreposição suficiente para apenas uma imagem coincidir com o polígono intersetado. Nem sempre esta opção é possível, nesse caso podem ser aplicados operadores do *Mosaic Pro*, específicos para este problema. Estes operadores automáticos de correção de cores, aplicados às regiões de transição e sobreposição. O caminho a seguir não é, mais uma vez, linear sendo que é essencial uma boa análise da informação apresentada da zona afetada da ortoimagem final. Uma opção a ter em conta antes de aplicar um método de correção de cor é o de exclusão de áreas, em que se pode excluir determinadas áreas que se apresentem como um obstáculo ao aplicar um método de correção de cor. Todo este processo é moroso em termos computacionais, visto que as imagens têm uma grande densidade de informação representando grandes áreas, por isso há a necessidade de uma pré-análise das imagens e de todas as ferramentas disponíveis no *software* para que o processo seja o mais rápido possível.

### 3.2.3. Resultados

O resultado final da equalização do bloco localizado em Alvito (ALV) são 111 ortoimagens com um comprimento de 4,0 E X 2,5 N km, equalizadas e homogêneas que foram adotadas ao mosaico correspondente (Figura 11). As ortoimagens estão agora com a qualidade visual suficiente para uma boa recolha de informação quantitativa segundo os requisitos do IFAP, I.P.

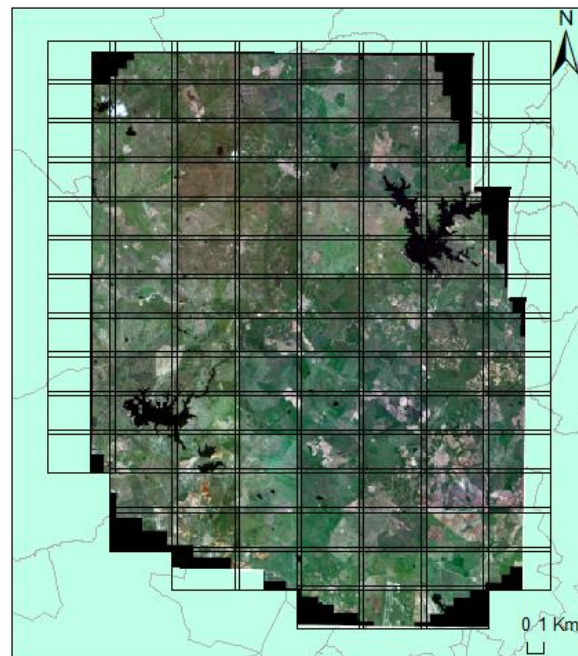


Figura 11- Mosaico final equalizado

### 3.3. Controlo de qualidade de ortoimagens

O trabalho realizado neste capítulo consistiu em efetuar um controlo posicional a ortoimagens de satélite, GeoEye, correspondentes ao ano de 2013. O controlo posicional é necessário já que este pode comprovar a qualidade posicional dos produtos utilizados para o controlo por deteção remota do Parcelário Agrícola do IFAP, I.P., tendo em conta os requisitos exigidos pela Comissão Europeia.

No controlo de qualidade externa das ortoimagens é avaliada a sua exatidão planimétrica, seguindo as diretrizes dadas pelo JRC (*Joint Research Centre*). Este contém um programa de controlo por deteção remota (*Control with Remote Sensing*, CwRS) da Comissão Europeia que tem diretrizes estabelecidas para os estados membros europeus no que diz respeito ao uso de imagens de satélite, para o controlo de reivindicações dos agricultores na PAC.

A Comissão Europeia disponibiliza imagens de satélite, de muito alta resolução, que por sua vez são ortorretificadas pelos responsáveis de cada estado membro. A ortorretificação visa a georreferenciação da imagem e a correção geométrica de deformações derivadas da aquisição da imagem. Para cada satélite estão definidos padrões europeus de qualidade posicional das ortoimagens. As imagens do satélite a avaliar, GeoEye têm um GSD (*Ground Sample Distance*) de 0,5 m sendo assim encarado de uma perspectiva geométrica, como um sensor primário de muito alta resolução para uso no controlo da Política Agrícola Comum. As ortoimagens derivadas de um sensor primário para uma escala 1:10 000, têm em conta a sua exatidão planimétrica como forma de avaliação da qualidade, esta é expressa pelo Erro Médio Quadrático (EMQ) nas direções este, norte e não pode ultrapassar os 2,5 metros em nenhuma das duas. O EMQ de 2,5 metros é o limite imposto para a validação das ortoimagens resultantes de imagens aeroespaciais de muito alta resolução, limite estabelecido pelos requisitos da PAC [Astrand P. J., 2012].

#### 3.3.1. Caracterização da área

O controlo de qualidade externa foi feito a 6 blocos distribuídos por Portugal Continental, na Figura 12 está representado em pormenor o bloco denominado por ARV (no Anexo D encontram-se os restantes blocos). Este bloco coincide sobre o concelho de Arcos de Valdevez, está localizado a norte de Portugal no distrito de Viana do Castelo cobrindo ainda parte de outros municípios como Monção ou Ponte da Barca.

A área ocupada pelo bloco ARV é de aproximadamente 550 km<sup>2</sup> e o canto superior esquerdo com a posição (171850 E, 562650 N) no sistema de referência do IFAP, I.P. (secção 2.1.1.).

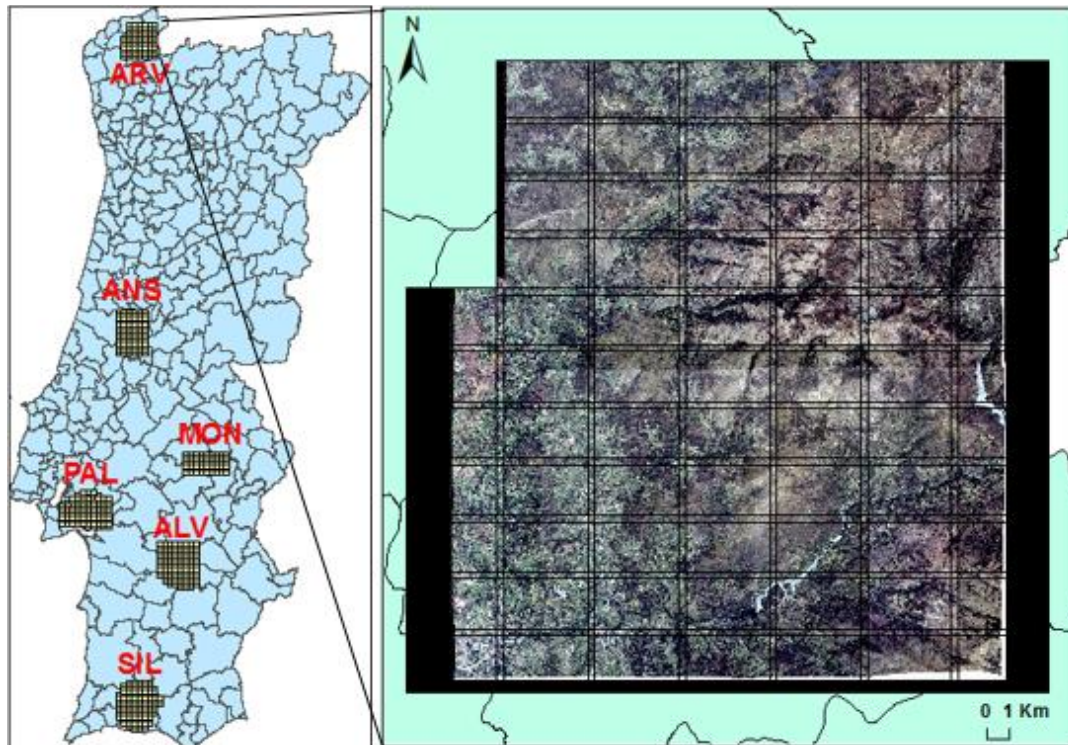


Figura 12 – Distribuição dos blocos em Portugal e Arcos de Valdevez (ARV) em pormenor

### 3.3.2. Metodologia

A validação geométrica dos produtos finais é regulada de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo JRC em “*Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery*”. As ortoimagens são avaliadas em relação ao seu EMQ planimétrico em M e P. O uso do EMQ fornece uma fácil medição da estatística global para avaliar a exatidão geométrica final.

Geralmente a avaliação externa deve ser executada em 5 a 10 % dos ficheiros de ortoimagens existentes. A seleção é baseada em áreas com diferentes tipos de terreno e usos do solo, áreas com problemas detetados anteriormente e baseada na boa distribuição dos blocos a aleatoriedade é também um fator a ter em conta. Na avaliação feita aos produtos finais do IFAP, I.P. foram escolhidos aleatoriamente 6 dos 17 blocos existentes em 2013 distribuídos por Portugal, sendo avaliada a totalidade da área do bloco, esta opção foi tomada devido à escassa quantidade de pontos de controlo bem visíveis. Os pontos de controlo usados para a avaliação são independentes do processo de ortorretificação e o número mínimo estabelecido é de 20 pontos bem distribuídos por cada bloco para efetuar o controlo de qualidade.

O método utilizado para a avaliação da qualidade externa consistiu em identificar a localização de cada ponto de controlo na imagem e adicionar a coordenada estimada e a coordenada verdadeira do ponto numa tabela, onde é calculada a diferença entre cada ponto de controlo e o resultado estatístico das

diferenças. Os valores obtidos do EMQ são comparados com o máximo estabelecido (2,5 m) que determina a validade do produto ('Pass' ou 'Fail').

Um conceito importante na avaliação estatística é o erro máximo tolerável de cada ponto, definido como 3 vezes o valor do EMQ calculado, pontos que excedam esse valor são considerados inválidos para a avaliação. Estes pontos são tomados como erros grosseiros sendo documentada o porquê da eliminação, e precedido de uma inspeção da sua qualidade. Qualquer outro ponto não pode ser eliminado do bloco. Neste caso nenhum ponto do bloco foi eliminado, no entanto alguns pontos não foram considerados devido à impossibilidade de determinar qual a sua localização na imagem.

O resultado final contém uma tabela com o cálculo da diferença das coordenadas (verdadeira e estimada) dos pontos de controlo, e também o estado de validação de 'Pass' ou 'Fail', EMQ em M e P, erro médio, desvio padrão e máxima discrepância. É apresentada ainda uma figura com a posição de cada ponto de controlo com o tamanho e direção da sua discrepância em forma de vetor gerados. [Programa desenvolvido por Antunes C.]

Caso o EMQ exceda o máximo admissível em qualquer uma das duas dimensões o bloco será rejeitado por inteiro. Estes blocos serão examinados, corrigidos e entregues para novo controlo de qualidade.

### **3.3.3. Resultados e análise**

Foram avaliados 20 pontos de controlo bem visíveis ao longo deste bloco, na Figura 13 estão representados esses pontos assim como as diferenças estimadas para cada um, estas diferenças estão ilustradas em forma de vetor com uma dimensão 1000 vezes maior que o tamanho real. No Anexo D encontram-se os restantes blocos com os seus pontos de controlo e diferenças estimadas.

O resultado estatístico da avaliação da qualidade posicional para este bloco encontra-se na Tabela 9. Nas Tabelas 7 e 8 estão representados os resultados estatísticos simplificados para os outros 5 blocos avaliados. O bloco designado por PAL situado na região de Palmela, Setúbal com 20 pontos de controlo avaliados, o bloco ALV inserido no concelho de Alvito, Beja com 41 pontos, o bloco ANS na zona de Ansião, Leiria com 53 pontos de controlo, o bloco SIL que cobre o concelho de Silves, Faro com 60 pontos avaliados e o bloco MON em Monforte, Portalegre onde foram avaliados 26 pontos de controlo visíveis neste bloco.

Na Figura 13 é evidente que existe uma tendência de deslocamento para sul entre as coordenadas reais e estimadas, ainda que não sigam o mesmo padrão (pontos para sul, sudeste, sudoeste). As direções podem servir como análise de erros sistemáticos que influenciam a qualidade das ortoimagens, no entanto o valor do EMQ das diferenças estimadas será o principal fator de avaliação dos erros.

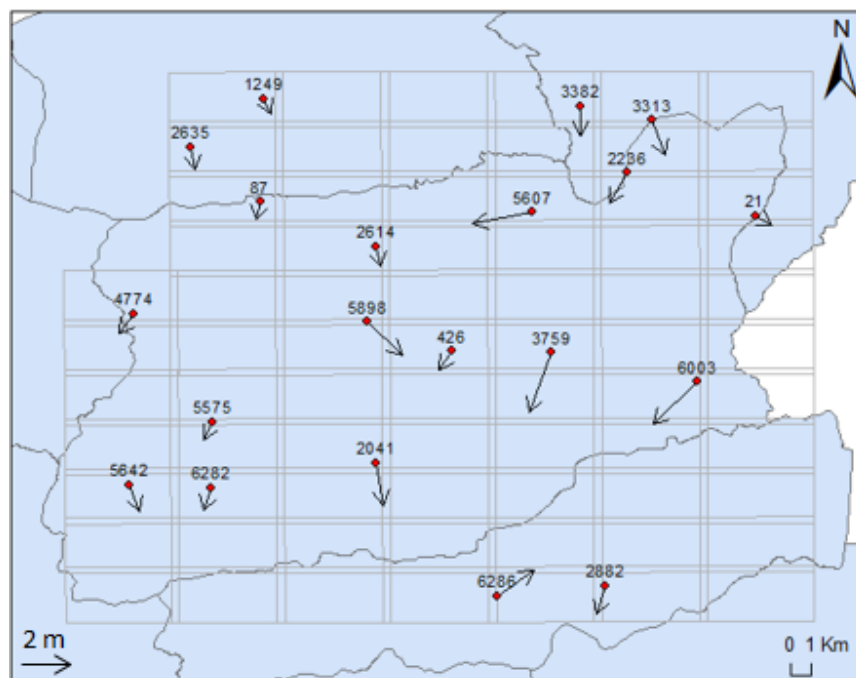


Figura 13 – Distribuição dos pontos de controlo e suas diferenças em M e P estimadas

Dos resultados estatísticos (Tabelas 7, 8 e 9) conclui-se que as ortoimagens de todos os blocos analisados estão dentro dos parâmetros exigidos pela direção geral JRC da Comissão Europeia na avaliação do controlo de qualidade externa das ortoimagens. Estas estão assim aptas para serem utilizadas como base no controlo por deteção remota no sistema de identificação de parcelas agrícolas, já que o EMQ para as duas direções (M e P) encontra-se abaixo do máximo admissível de 2,5 metros. Os blocos apresentam intervalos de 0,57 a 1,26 m para M e de 0,94 a 1,47 m para P. Nos blocos avaliados não foram registados quaisquer pontos de controlo que excedessem o erro máximo tolerável.

As tabelas com os resultados das diferenças estimadas para todos os pontos encontram-se no Anexo D, assim como o seu enquadramento no país e uma figura com o vetor (1000 vezes maior que o tamanho real) das diferenças estimadas.

Tabela 7 – Resultados estatísticos dos blocos PAL, ALV e ANS para 20, 41 e 53 pontos de controlo respetivamente

	PAL		ALV		ANS	
	Erros em M	Erros em P	Erros em M	Erros em P	Erros em M	Erros em P
EMQ [m]	1,26	1,47	1,25	0,97	0,57	0,94
Erro médio [m]	1,13	1,27	0,89	0,80	0,46	0,79
Erro máximo [m]	2,19	3,08	3,74	1,92	1,20	1,96
Desvio padrão [m]	0,59	0,94	0,95	0,88	0,55	0,68
Estado	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

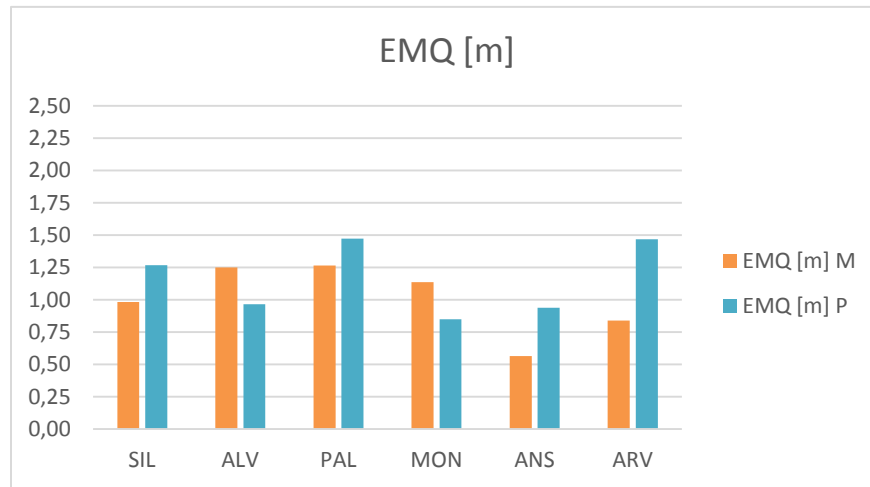
**Tabela 8 – Resultados estatísticos dos blocos SIL e MON para 60 e 26 pontos de controlo respetivamente**

	SIL		MON	
	Erros em M	Erros em P	Erros em M	Erros em P
EMQ [m]	0,98	1,27	1,14	0,85
Erro médio [m]	0,73	1,18	0,94	0,67
Erro máximo [m]	2,72	2,15	2,23	2,18
Desvio padrão [m]	0,80	0,48	1,13	0,87
Estado	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

**Tabela 9 – Controlo de qualidade externa do bloco ARV a 20 pontos de controlo**

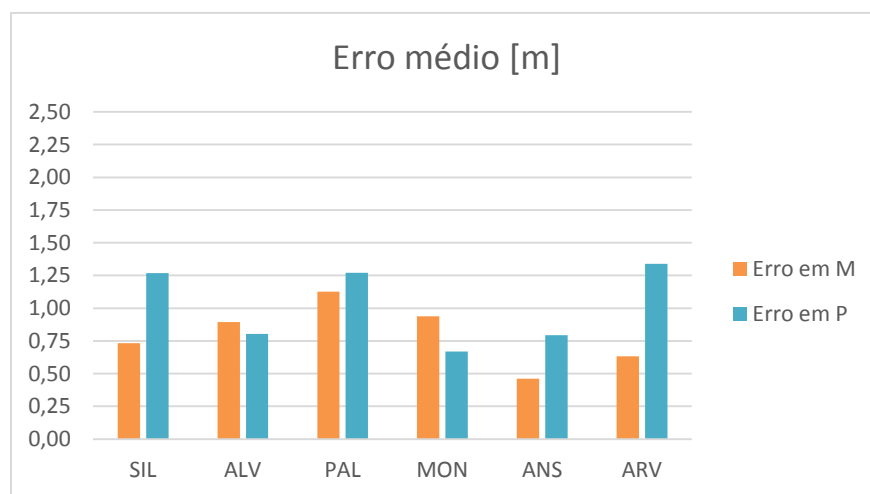
ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
1249	175446,98	175447,28	0,30	561287,75	561287,01	-0,74
3382	187353,23	187353,20	-0,03	560859,71	560858,28	-1,43
3313	190055,40	190055,95	0,55	560186,18	560184,46	-1,72
2635	172650,65	172650,78	0,14	558851,04	558849,95	-1,09
2236	189111,83	189111,14	-0,69	557517,88	557516,35	-1,53
87	175275,54	175275,33	-0,21	556078,96	556077,99	-0,97
5607	185540,47	185538,27	-2,20	555527,93	555527,36	-0,57
21	193995,62	193996,22	0,60	555356,70	555356,29	-0,41
2614	179660,14	179660,30	0,16	553802,50	553801,47	-1,03
4774	170494,60	170493,99	-0,61	550457,69	550456,65	-1,04
5898	179285,01	179286,32	1,31	550000,61	549998,94	-1,67
426	182494,47	182494,04	-0,43	548514,38	548513,50	-0,88
3759	186238,91	186238,11	-0,80	548437,60	548434,55	-3,05
5575	173460,83	173460,53	-0,30	544963,42	544962,52	-0,90
6003	191738,19	191736,59	-1,60	546960,78	546958,65	-2,13
2041	179632,28	179632,56	0,28	542861,20	542859,01	-2,19
5642	170256,12	170256,53	0,41	541831,60	541830,19	-1,41
6282	173344,98	173344,72	-0,26	541637,26	541636,17	-1,09
6286	184169,64	184171,06	1,42	536135,74	536137,13	1,39
2882	188283,03	188282,68	-0,35	536668,17	536666,63	-1,54
EMQ [m]			0,84			1,47
Erro médio [m]			0,63			1,34
Erro máximo [m]			2,20			3,05
Desvio padrão [m]			0,85			0,87
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>

Nas figuras 14 e 15 estão representados os gráficos com medições estatísticas de todos os conjuntos avaliados, como o erro medio quadrático, erro médio e o desvio padrão, estes estão representados de sul para norte.

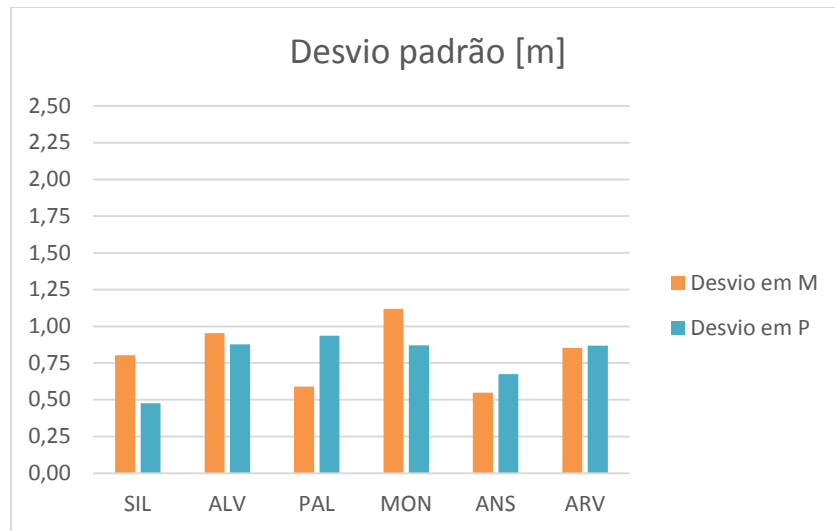


**Figura 14 – Erro médio quadrático do controlo posicional das ortoimagens**

A distribuição do EMQ em M e P de todos os conjuntos de ortoimagens avaliadas indica uma regularidade obtida nesta medida da precisão com valores menores que 1 metro nas diferenças entre os máximos e mínimos de cada direção e com os valores máximos encontram-se distantes (cerca de 1 metro) do máximo admissível.



**Figura 15 – Erro médio do controlo posicional das ortoimagens**

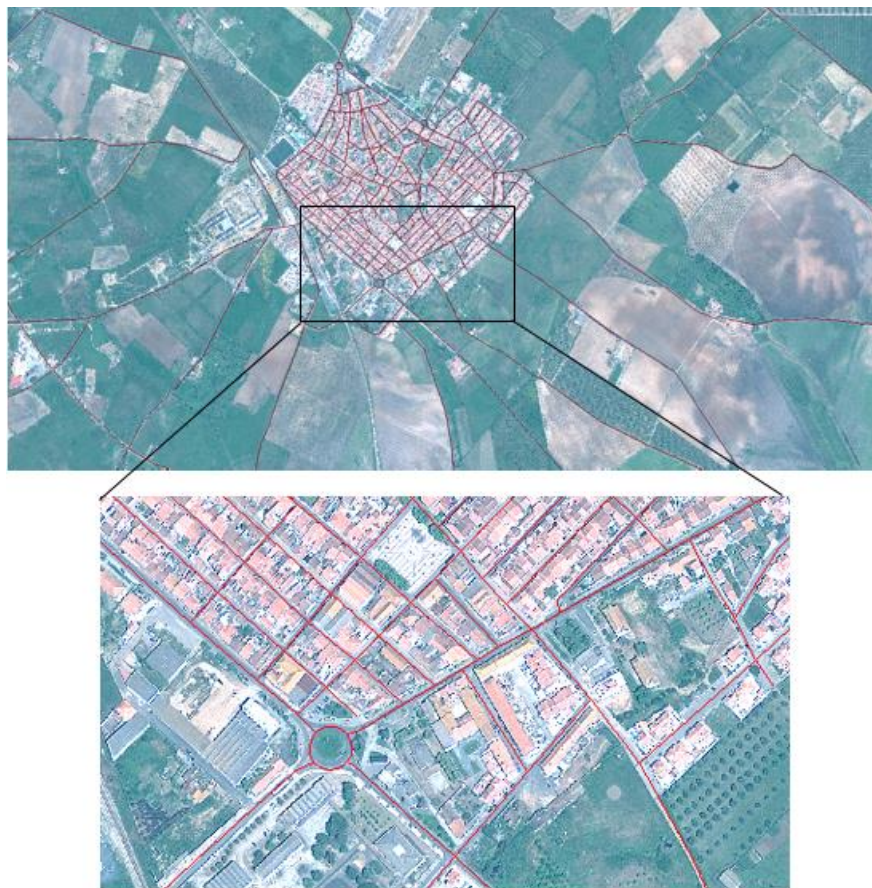


**Figura 16 – Desvio padrão do controlo posicional das ortoimagens**

Pelos gráficos não é possível identificar qualquer forma de regularidade no erro que possa levar à suspeita de erros sistemáticos, já que os erros não são constantes em nenhuma das variáveis analisadas nem entre diferentes blocos na mesma variável.

A Figura 17 é um exemplo de uma ortoimagem utilizada sobreposta com informação vetorial da rede viária do local. Da figura é possível verificar a congruência entre a posição das duas, confirmando de outra forma a boa qualidade posicional das ortoimagens utilizadas e excluindo a possibilidade de existência de um erro grosseiro.





**Figura 17 – Rede viária sobreposta a uma ortoimagem avaliada; [Fonte: OpenStreetMap]**

## 4. Impacto da transformação de coordenadas no Parcelar Agrícola

Neste capítulo estão apresentados os processos desenvolvidos no projeto que visam cumprir o objetivo principal proposto. Desta forma foi realizado um estudo de forma a poder avaliar o impacto da transformação do sistema de coordenadas no Parcelário Agrícola.

Todos os dados de carácter geográfico utilizados do IFAP, I.P. encontram-se no sistema de referência coordenado Hayford-Gauss / Datum 73 IFAP (secção 2.1.1.). A Comissão Europeia estabeleceu como requisito obrigatório que os dados geográficos utilizados estejam no sistema de referência coordenado comum para a Europa definido pelo ETRS89. O sistema de referência coordenado cartográfico que vigora em Portugal, estabelecido pela DGT é o PT-TM06/ ETRS89 (secção 2.1.2.).

A avaliação das consequências da conversão de coordenadas no Parcelário Agrícola torna-se por isso uma questão essencial para a sustentação da integridade do trabalho desenvolvido no IFAP, I.P. Este terá como base as referências aqui documentadas para o processo de transformação de coordenadas tendo em conta os métodos utilizados, resultados obtidos e consequências que possam advir do processo.

### 4.1. Escolha do método a implementar

Foram analisadas diferentes formas de transformação de coordenadas entre *data* para determinar qual o método a adotar. A primeira análise de transformação de coordenadas foi feita considerando os métodos de Bursa-Wolf e de Molodensky. No *site* da DGT estão disponibilizados os parâmetros deste método assim como a sua precisão (Tabela 10).

**Tabela 10 – Erros da transformação Bursa-Wolf e Molodensky de Datum 73 para ETRS89/PT-TM06 utilizando os 833 vértices de 2ª ordem (Fonte: DGT, 2014)**

	Bursa-Wolf		Molodensky	
	Erro em M [m]	Erro em P [m]	Erro em M [m]	Erro em P [m]
EMQ	0,381	0,359	0,844	0,563
Máximo absoluto	1,351	1,08	2,111	1,87
Desvio padrão	0,381	0,361	0,852	0,572

Outro método analisado foi o proposto por Gonçalves (2008, 2009) e é baseado em grelhas de diferenças de coordenadas. A transformação de coordenadas é feita por interpolação a partir de diferenças de coordenadas em pontos distribuídos em grelha regular. Esta grelha de diferença de coordenadas é calculada por interpolação espacial a partir de pontos com coordenadas conhecidas nos diferentes sistemas. Os resultados da precisão deste método encontram-se na Tabela 11.

**Tabela 11 – Estatísticas dos erros da transformação com grelhas de Datum 73 para ETRS89, em 147 pontos da rede geodésica não utilizados na geração das grelhas. (Gonçalves, 2009)**

	Erro em M [m]	Erro em P [m]
Média	0,004	-0,008
Mínimo	-0,387	-0,318
Máximo	0,228	0,267
Desvio padrão	0,052	0,047

O método das grelhas apresenta-se como o mais fiável segundo as estatísticas da precisão apresentadas para a transformação de informação geográfica entre os dois *data*. Segundo estes resultados, o método das grelhas será o proposto como método a adotar na transformação de coordenadas do Parcelário Agrícola e segundo o qual serão baseados os testes para analisar o impacto na posição e área das parcelas, este será integrado e aplicado no *software* ArcGIS.

## 4.2. Geração do Método

De forma a compreender como foi estruturada a geração das grelhas e também para poder realizar testes sobre as grelhas, os processos de geração do método serão apresentados em seguida. Os processos apresentados seguem o estudo sobre, conversão de sistemas de referência coordenados nacionais para PT-TM06/ETRS89 utilizando grelhas, segundo Gonçalves (2009), tendo sido adaptados e orientados para o objetivo aqui pretendido e os dados utilizados no IFAP, I.P.

O primeiro passo é a obtenção e escolha dos pontos a utilizar para o cálculo das diferenças de coordenadas. A DGT disponibiliza as coordenadas dos pontos da rede geodésica nacional em Hayford-Gauss Datum 73 e PT-TM06/ETRS89. Como tal, foram utilizados os pontos observados nos dois sistemas correspondentes aos vértices de 1ª e 2ª ordem, para o cálculo das diferenças de coordenadas. São disponibilizados 963 pontos em PT-TM06/ETRS89 que conciliam estes requisitos, alguns pontos são novos e não existiam aquando da observação em Hayford-Gauss Datum 73 pelo que resultam 961 pontos observados nos dois sistemas (Figura 18).

A partir das coordenadas cartográficas (M e P) dos dois sistemas são calculadas as diferenças entre PT-TM06/ETRS89 e Hayford-Gauss Datum 73, com estas são determinadas as grelhas  $\Delta M$  e  $\Delta P$  por processos de interpolação espacial usando o módulo *Geostatistical Analyst* do ArcMap 10.1. É utilizado o método de krigagem ordinária com variabilidade espacial de (*lag size*) 8 000 metros que corresponde aproximadamente à distância média entre os pontos (calculado por *Average Nearest Neighbor*) distribuídos regularmente por Portugal, todas as outras opções foram tidas como *default*.

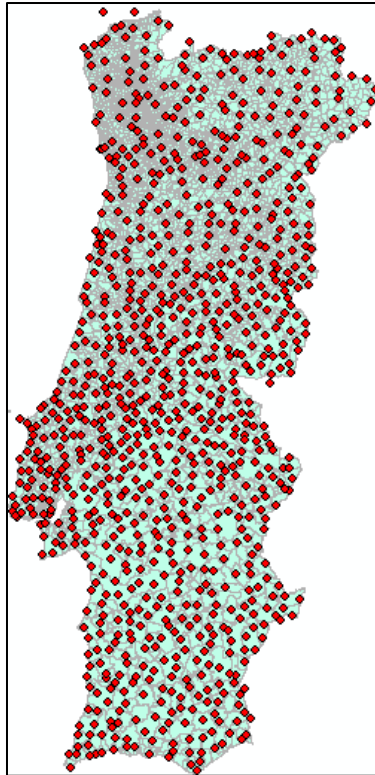


Figura 18 – Distribuição dos 961 pontos no país

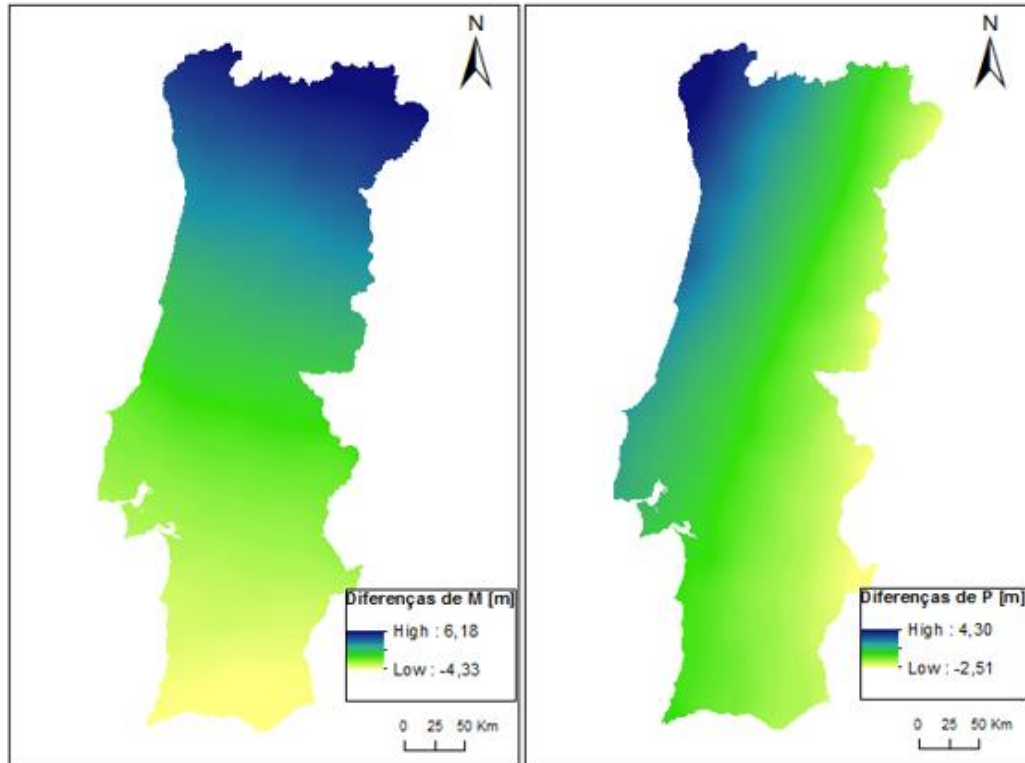


Figura 19 – Mapas das grelhas segundo interpolação kriging de  $\Delta M$  e  $\Delta P$

Na opção *Cross Validation* são apresentados os erros de cada ponto face ao valor estimado, foram eliminados os pontos que apresentavam um erro maior que 0,25 metros, considerados como pontos que provavelmente foram mal medidos de uma época para a outra ou medidos em locais diferentes. O resultado final gerou uma superfície interpolada de 954 pontos, com um espaçamento de grelha com 500 metros, restringindo a interpolação à área de Portugal. Na Figura 19 estão representadas as grelhas  $\Delta M$  e  $\Delta P$ .

A avaliação da precisão (Tabela 12) deste método foi feita com recurso a pontos independentes, ou seja pontos que não foram usados para a geração das grelhas. Com os 409 pontos de 3ª e 4ª ordem observados em ETRS89 e o mapa de previsão resultante do módulo *Geostatistical Analyst* é obtida a diferença estimada para cada coordenada associada a cada ponto e calculada a precisão pelas diferenças entre as coordenadas reais observadas e as diferenças estimadas pela interpolação.

**Tabela 12 – Estatística dos erros da transformação com grelhas de HG Datum 73 para PT-TM06/ETRS89, em 409 pontos independentes**

	Erro em M	Erro em P
Média [m]	-0,002	0,005
Mínimo [m]	-0,234	-0,279
Máximo [m]	0,273	0,279
Desvio padrão [m]	0,053	0,052

Na Tabela 13 são representados para estes 409 pontos independentes de 3ª e 4ª ordem os EMQ para o método aqui desenvolvido como Grelhas 1 e o método das grelhas desenvolvido por Gonçalves (2008, 2009) como Grelhas 2.

**Tabela 13 – EMQ das grelhas avaliado sobre os vértices geodésicos de 3ª e 4ª ordem (409 pontos)**

	Grelhas 1		Grelhas 2	
	Erro em M	Erro em P	Erro em M	Erro em P
EMQ [m]	0,053	0,052	0,054	0,055
EMQ ABS [m]	0,074		0,078	

A avaliação efetuada aos pontos independentes sobre as grelhas obtidas pela interpolação mostra que estas são válidas. Os resultados do erro médio quadrático na Tabela 13 assim como, o desvio padrão e seu módulo, obtidos nas grelhas são em tudo semelhantes aos resultados obtidos por Gonçalves (2009). As grelhas obtidas podem assim servir como apoio ao estudo do impacto da conversão de coordenadas.

Para determinar as diferenças da posição de cada célula entre os dois sistemas de coordenadas, optou-se por conjugar as duas grelhas ( $\Delta M$  e  $\Delta P$ ) que apresentam as diferenças entre os pontos nas duas direções. Para obter um mapa apenas com a diferença da distância em 2D entre os dois sistemas é calculado o mapa de deslocamento conjunto por,  $\sqrt{\Delta M^2 + \Delta P^2}$  (Figura 20 a). Assim para cada ponto (numa grelha de 500 X

500 metros) é obtido um valor para o deslocamento na posição entre os dois sistemas de coordenadas analisados. Deste mapa é possível também determinar como estão distribuídas as mudanças de intensidade do deslocamento atendendo ao mapa do gradiente, representado pela taxa máxima de variação do valor do deslocamento em cada ponto tendo em conta os pontos vizinhos, que é obtido pela função *slope* no ArcGIS (Figura 20 b).

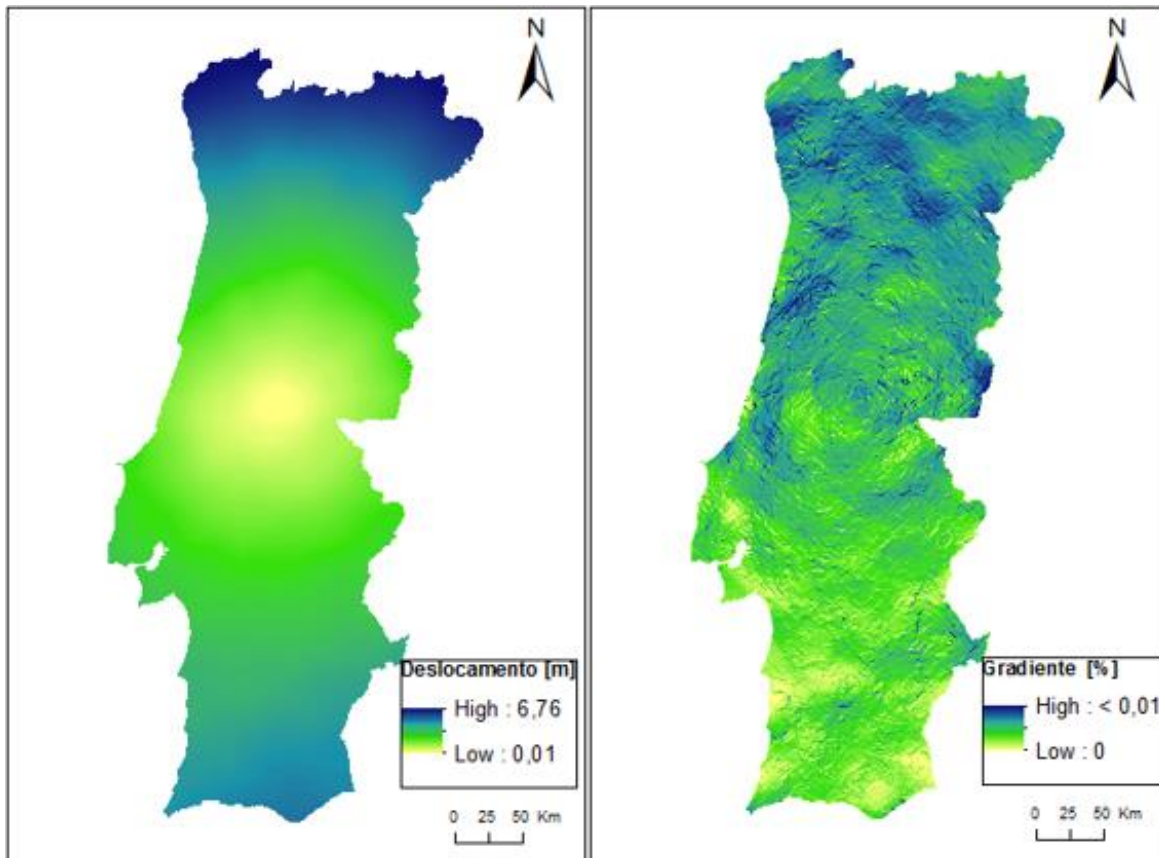


Figura 20 – a) Mapa de deslocamentos da transformação; b) Mapa do gradiente com base em a)

O mapa de deslocamento em relação à posição de cada ponto apresenta valores num intervalo de 0 a 6,76 m, em que a diferença da distância entre os pontos vai aumentando desde o centro do país para os extremos norte e sul, com maior preponderância a norte do país.

No mapa das variações da intensidade verifica-se que a grandeza dos valores não é significativa já que não atinge sequer os 0,01 % o que representa uma variação de intensidade gradual e constante, ainda assim é visível que as maiores diferenças de intensidade dos deslocamentos encontram-se a norte de Portugal. Significa que serão esperados maiores valores na diferença de áreas na região norte que na região sul.

### 4.2.1. Testes sobre o método gerado

A transformação de coordenadas pelo método das grelhas é para um elemento infinitesimal representada por uma translação ( $\Delta M$ ,  $\Delta P$ ) que não afeta a sua área. No entanto, se o elemento não for infinitesimal a transformação de coordenadas poderá afetar de forma diferente as coordenadas dos seus vértices e gerar diferenças que influenciem o cálculo das áreas.

Os testes para o estudo do impacto da transformação de coordenadas em relação as áreas, têm como base o mapas dos deslocamentos em M e P gerados, visando determinar e comparar os valores das áreas de uma figura geométrica nos dois sistemas em questão.

O teste para a avaliação das diferenças entre áreas inicia-se com a escolha de diferentes zonas de ação para a análise das diferenças e cálculo estatístico. Os mapas base têm um tamanho de célula de 500 X 500 m o que supõe um valor de deslocamento diferente a cada 500 m (mesma célula). O quadrado é a figura geométrica inicialmente considerada para o cálculo da área em que terá como valor mínimo de área 250 000 m<sup>2</sup> (lado do quadrado de 500 m) e máximo de 81 000 000 m<sup>2</sup> (lado do quadrado de 9 000 m).

O método consistiu em definir um vértice inicial que servirá de base aos restantes vértices do quadrado, a partir deste são obtidos os dois vértices que representam os lados do quadrado dependendo do comprimento escolhido para os lados do quadrado. Como exemplo é escolhido um local aleatoriamente onde é marcado o vértice base, a partir deste são medidos 500 metros para este e estabelecido novo ponto e 500 metros para sul e estabelecido novo ponto. Com estes pontos é possível medir a área deste quadrado com 250 000 m<sup>2</sup> (lado X lado) no sistema de coordenadas base. Para determinar a área no sistema de coordenadas transformado com base nos mapas de deslocamentos é necessário verificar qual o valor da diferença da coordenada transformada em PT-TM06/ETRS89 em cada vértice e recalcular a área. A área correspondente aos valores nos mapas de deslocamento das grelhas de transformação de coordenadas, neste caso, em PT-TM06 /ETRS89 é calculada pela seguinte fórmula:

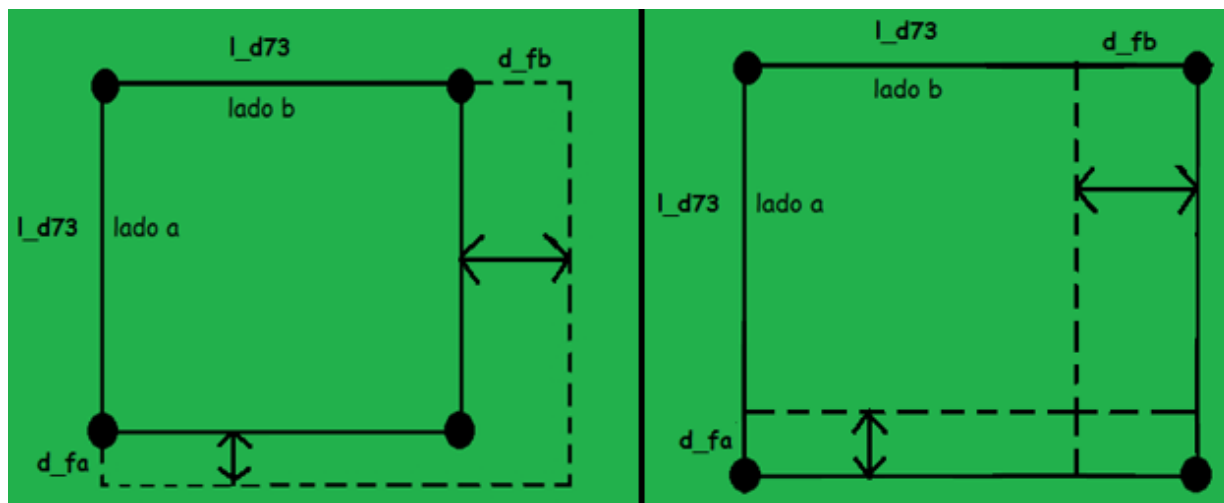
$$A_{ETRS89} = (l_{d73} + d_{fa}) \cdot (l_{d73} + d_{fb}) \quad (6)$$

Onde:

- $A_{ETRS89}$ : Área em ETRS89;
- $l_{d73}$ : Tamanho dos lados iniciais;
- $d_{fa}$ : Diferença no lado a resultante da mudança de coordenadas;
- $d_{fb}$ : Diferença no lado b resultante da mudança de coordenadas;

Os valores das diferenças entre os dois lados não são iguais, o que transforma o quadrado inicial num retângulo, já que os deslocamentos variam de maneira diferente nas duas direções. Na Figura 21 é ilustrado o exemplo da transformação do quadrado no sistema inicial para um retângulo no sistema transformado com indicação das variáveis da fórmula do cálculo da variação da área.





**Figura 21 – Exemplo padrão da área do quadrado transformado num retângulo**

Serão analisados diferentes conjuntos de áreas em diferentes zonas do país, esta análise dará uma aproximação e estimação das diferenças que poderão ocorrer na transformação de coordenadas aplicada ao Parcelário Agrícola. Os resultados servirão também como forma de validação das diferenças de áreas obtidas na transformação final a realizar.

Para a determinação dos deslocamentos são definidos conjuntos de pontos distribuídos pelo país com três dos conjuntos a coincidirem sobre regiões definidas no Parcelar Agrícola, Arcos de Valdevez (ARV), Ansião (ANS) e Alvito (ALV). Os outros dois conjuntos, designados por NORT e SUL pela sua posição no país, foram definidos em locais diferentes para não criar sistematismo nas análises e diversificar a amostra.

Em cada ponto será verificado o respetivo valor de deslocamento correspondente ao valor da diferença para a coordenada transformada no sistema PT-TM06/ETRS89. Cada conjunto é composto por um ponto base mais 16 pontos, metade para norte ou sul e outra metade para este ou oeste. Os pontos distribuídos formam os lados dos quadrados, tendo o menor lado tamanho de 500 metros e os seguintes têm múltiplos de 500 até aos 3 000 metros de lado. E ainda outros com um de lado 6 000 metros e 9 000 metros como tamanho máximo. Na Figura 22 estão apresentados os conjuntos de pontos que serviram de apoio para o registo do valor dos deslocamentos nas grelhas obtidas em M e P.



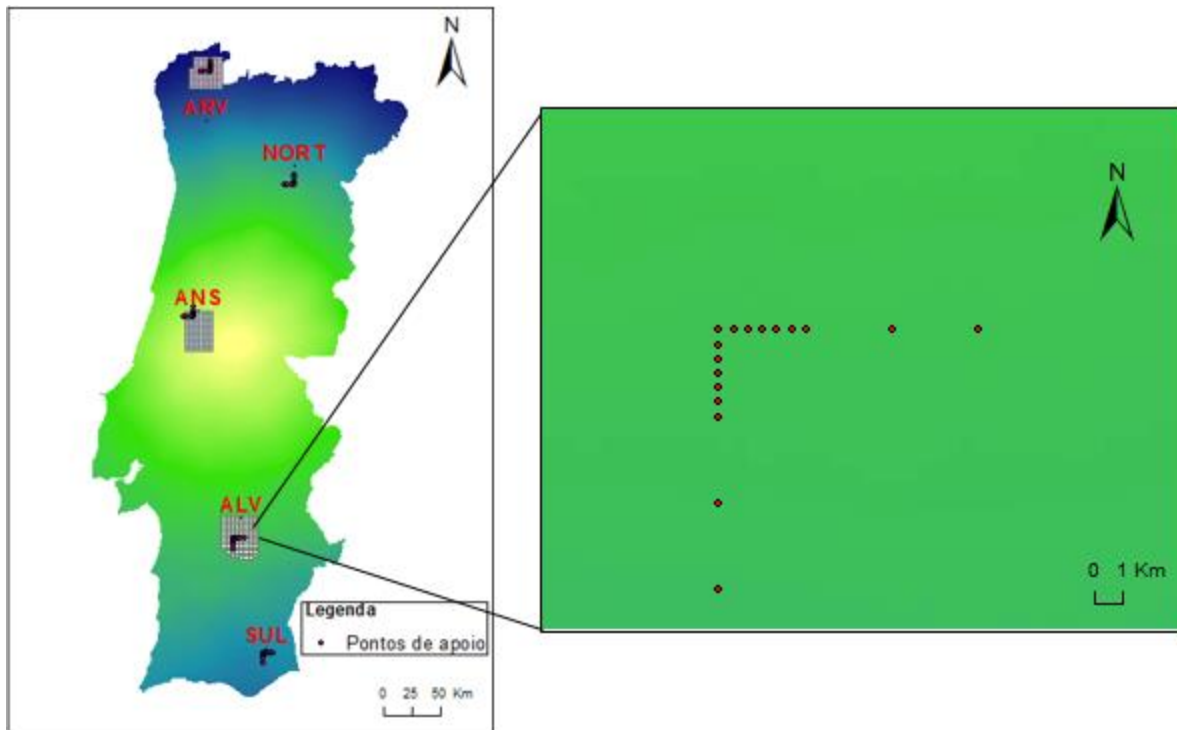


Figura 22 – Conjunto de pontos de apoio utilizados

## 4.2.2. Resultados dos testes

A partir dos mapas da Figura 19 são determinados os valores de deslocamento em cada ponto definido, destes são calculadas as coordenadas transformadas e áreas assim como as diferenças para as áreas do sistema inicial. Os resultados para cada conjunto de pontos são apresentados nas tabelas seguintes. A unidade de medida utilizada no controlo administrativo do IFAP, I.P. é o hectare até três casas decimais.

Tabela 14 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Alvito (ALV)

ALV								
M	$\Delta d$ M [m]	P	$\Delta d$ P [m]	Áreas [m <sup>2</sup> ]		$\Delta$ Área [m <sup>2</sup> ]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
7000		-160000		D73	ETRS89			
7500	0,005	-160500	-0,002	250 000	250001	1	<b>0</b>	0,001
8000	0,007	-161000	-0,013	1000 000	999994	-6	<b>-0,001</b>	-0,001
8500	0,008	-161500	-0,001	2250 000	2250011	11	<b>0,001</b>	0
9000	0,010	-162000	-0,002	4000 000	4000016	16	<b>0,002</b>	0
9500	0,013	-162500	-0,005	6250 000	6250019	19	<b>0,002</b>	0
10000	0,016	-163000	-0,007	9000 000	9000026	26	<b>0,003</b>	0
13000	0,028	-166000	-0,014	36000 000	36000083	83	<b>0,008</b>	0
16000	0,043	-169000	-0,030	81000 000	81000124	124	<b>0,012</b>	0

Na Tabela 14, o  $\Delta d M$  e  $\Delta d P$  representam as diferenças de coordenadas resultantes da transformação de coordenadas, ou seja, a variação do comprimento do quadrado.

**Tabela 15 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Ansião (ANS)**

ANS				
Áreas [m²]		$\Delta$ Área [m²]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
D73	ETRS89			
250000	250002	2	<b>0</b>	0,001
1000000	1000008	8	<b>0,001</b>	0,001
2250000	2250019	19	<b>0,002</b>	0,001
4000000	4000035	35	<b>0,004</b>	0,001
6250000	6250055	55	<b>0,006</b>	0,001
9000000	9000088	88	<b>0,009</b>	0,001
36000000	36000341	341	<b>0,034</b>	0,001
81000000	81000653	653	<b>0,065</b>	0,001

**Tabela 16 – Diferenças nas áreas de uma zona coincidente ao bloco de Arcos de Valdevez (ARV)**

ARV				
Áreas [m²]		$\Delta$ Área [m²]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
D73	ETRS89			
250000	250001	1	<b>0</b>	0
1000000	1000001	1	<b>0</b>	0
2250000	2250000	0	<b>0</b>	0
4000000	3999998	-2	<b>0</b>	0
6250000	6249996	-4	<b>0</b>	0
9000000	8999993	-7	<b>-0,001</b>	0
36000000	35999972	-28	<b>-0,003</b>	0
81000000	80999943	-57	<b>-0,006</b>	0

Tabela 17 – Diferenças nas áreas da zona SUL

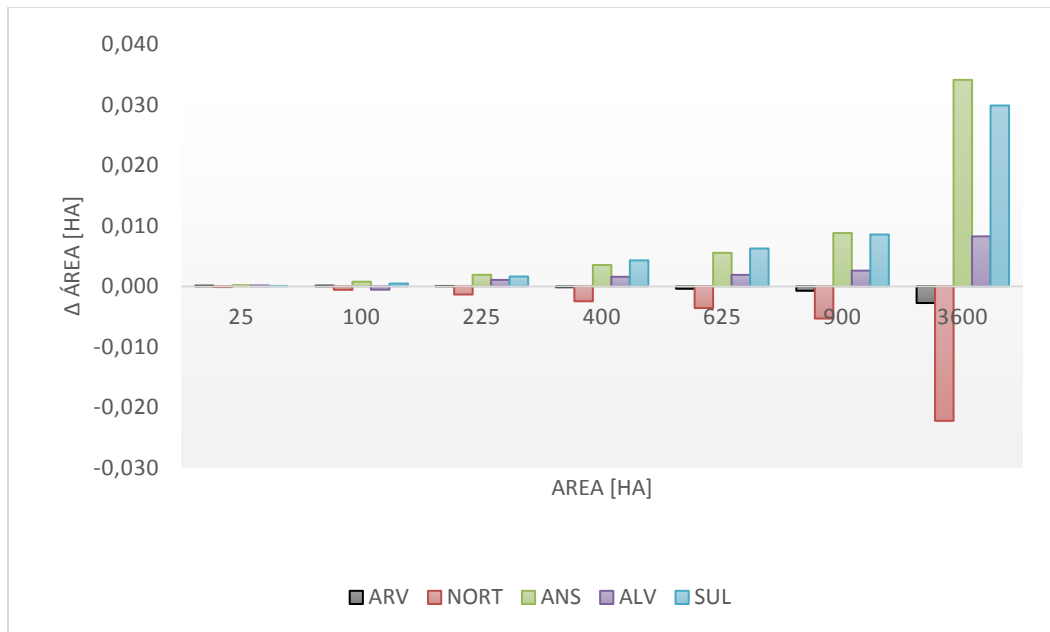
SUL				
Áreas [m²]		ΔÁrea [m²]	ΔÁrea [ha]	ΔÁrea [%]
D73	ETRS89			
250000	250001	1	<b>0</b>	0
1000000	1000005	5	<b>0</b>	0
2250000	2250016	16	<b>0,002</b>	0,001
4000000	4000043	43	<b>0,004</b>	0,001
6250000	6250062	62	<b>0,006</b>	0,001
9000000	9000086	86	<b>0,009</b>	0,001
36000000	36000299	299	<b>0,030</b>	0,001
81000000	81000502	502	<b>0,050</b>	0,001

Tabela 18 – Diferenças nas áreas da zona NORT

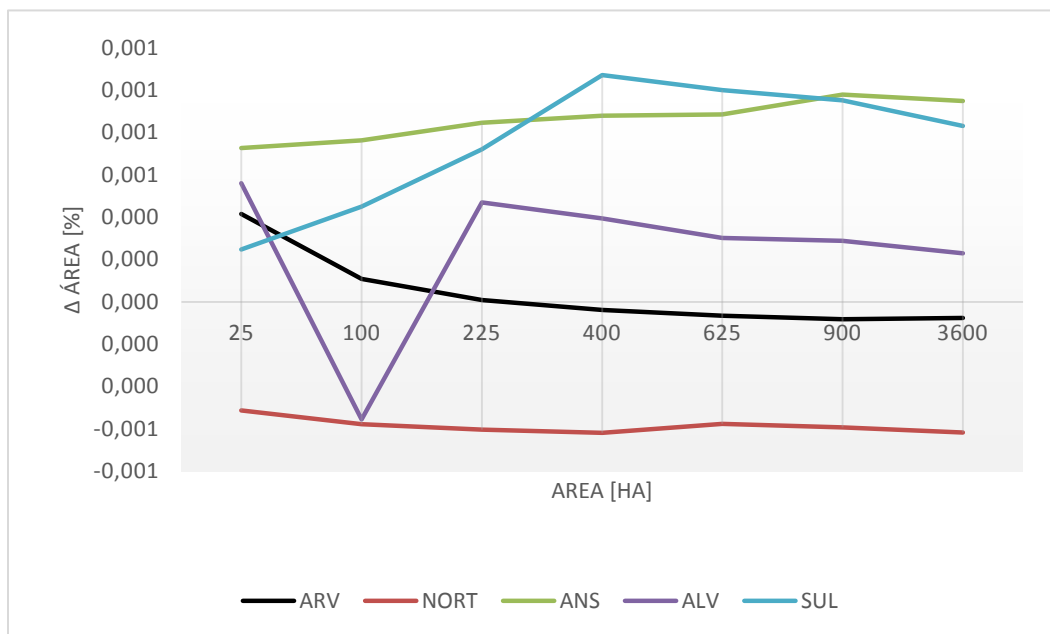
NORT				
Áreas [m²]		ΔÁrea [m²]	ΔÁrea [ha]	ΔÁrea [%]
D73	ETRS89			
250000	249999	-1	<b>0</b>	-0,001
1000000	999994	-6	<b>-0,001</b>	-0,001
2250000	2249986	-14	<b>-0,001</b>	-0,001
4000000	3999975	-25	<b>-0,002</b>	-0,001
6250000	6249964	-36	<b>-0,004</b>	-0,001
9000000	8999947	-53	<b>-0,005</b>	-0,001
36000000	35999778	-222	<b>-0,022</b>	-0,001
81000000	80999472	-528	<b>-0,053</b>	-0,001

Analisando os resultados obtidos das Tabelas 14 a 18, pode-se verificar que existe uma tendência para o aumento nas diferenças das áreas à medida que a área calculada aumenta, ou seja, supõe uma correlação entre as duas variáveis. As diferenças entre áreas começam com valores baixos, apenas alguns metros quadrados até cerca de 700 m² (0,065 hectares), nos casos mais extremos analisados (para áreas de 8100 hectares). De referir que a maior parcela registada no IFAP, I.P., tem uma área de cerca de 2 900 ha e o valor médio das áreas é de 1,77 ha. Neste contexto a maior diferença de áreas estimada para esta parcela é de no máximo 0,03 ha e para a área média das parcelas de 0 ha.

As Figuras 23 e 24 conjugam os resultados das diferenças em hectares e em percentagem das áreas de todos os conjuntos de pontos analisados. De notar que as áreas calculadas não variam linearmente, ou seja a diferença entre o tamanho das áreas não é uniforme.



**Figura 23 - Diferenças nas áreas calculadas nos dois sistemas**



**Figura 24 - Diferenças percentuais das áreas calculadas nos dois sistemas**

Na Figura 23, estão representados todos os conjuntos de áreas determinadas com as suas respectivas diferenças areais (eixo dos yy) segundo o mapa de deslocamentos. Aqui é perceptível o aumento das diferenças com o aumento da área como verificado nas tabelas e como estão distribuídas as diferenças positivas e negativas das áreas.

Na Figura 24, estão ilustradas as diferenças a nível percentual dos diferentes conjuntos analisados, aqui é possível verificar que apesar, de aumento da diferença de áreas seguir o tamanho da mesma, esse aumento

é gradual. Sendo que percentualmente a diferença de áreas não aumenta conforme o tamanho analisado, ou pelo menos não segue esse padrão. A variação dos valores apresenta um padrão aleatório e regular dependendo do conjunto. As diferenças percentuais registam valores tidos como residuais de -0,001 % a um máximo de 0,001 %, estes valores revelam uma insignificância nas diferenças de áreas obtidas.

Dos resultados obtidos deste teste são ainda tidas como últimas notas conclusivas, por exemplo, a possibilidade de para parcelas cuja área seja inferior a 25 hectares a diferença de área seja de 0 hectares considerando três casas decimais. A diferença de área é menor que 0,005 hectares para parcelas até 400 hectares o que corresponderá a 0,001 % da área da parcela.

### 4.3. Implementação do método das grelhas

A fase seguinte foi a aplicação do método de transformação das grelhas, desenvolvido por Gonçalves (2008, 2009), na informação vetorial do Parcelário Agrícola, este método foi integrado no *software* ArcGIS, o qual foi aplicado aos dados fornecidos pelo IFAP, I.P. É assim posta em prática a conversão do sistema de referência coordenado a um conjunto de polígonos que representam os elementos gráficos das parcelas recolhidas por deteção remota com apoio de ortoimagens/ ortofotos.

A metodologia a seguir é simples, inicialmente são calculadas as áreas dos polígonos em Hayford-Gauss Datum 73, seguindo-se da transformação de coordenadas para PT-TM06/ETRS89 e novamente o cálculo da área dos polígonos. Com estes dados são obtidas as diferenças das áreas e feita uma análise estatística do método das grelhas aplicado ao Parcelário Agrícola. As áreas são calculadas recorrendo à função *Calculate Geometry* no ArcGIS. A Figura 25 tem representado os três enquadramentos (bloco de ALV em pormenor, ARV e ANS) que irão ser submetidos à análise da transformação do sistema de referência coordenado.

Uma vez que o sistema de coordenadas usado no IFAP, I.P., é o Hayford-Gauss / Datum 73 IFAP (secção 2.1.1.), este necessita de uma conversão prévia de coordenadas, onde é subtraído o valor de 200 e 300 km às coordenadas M e P respetivamente. Assim o Parcelário Agrícola encontrar-se-á no sistema Hayford-Gauss Datum 73 e pronto para a transformação para PT-TM06/ETRS89 pelo método das grelhas.

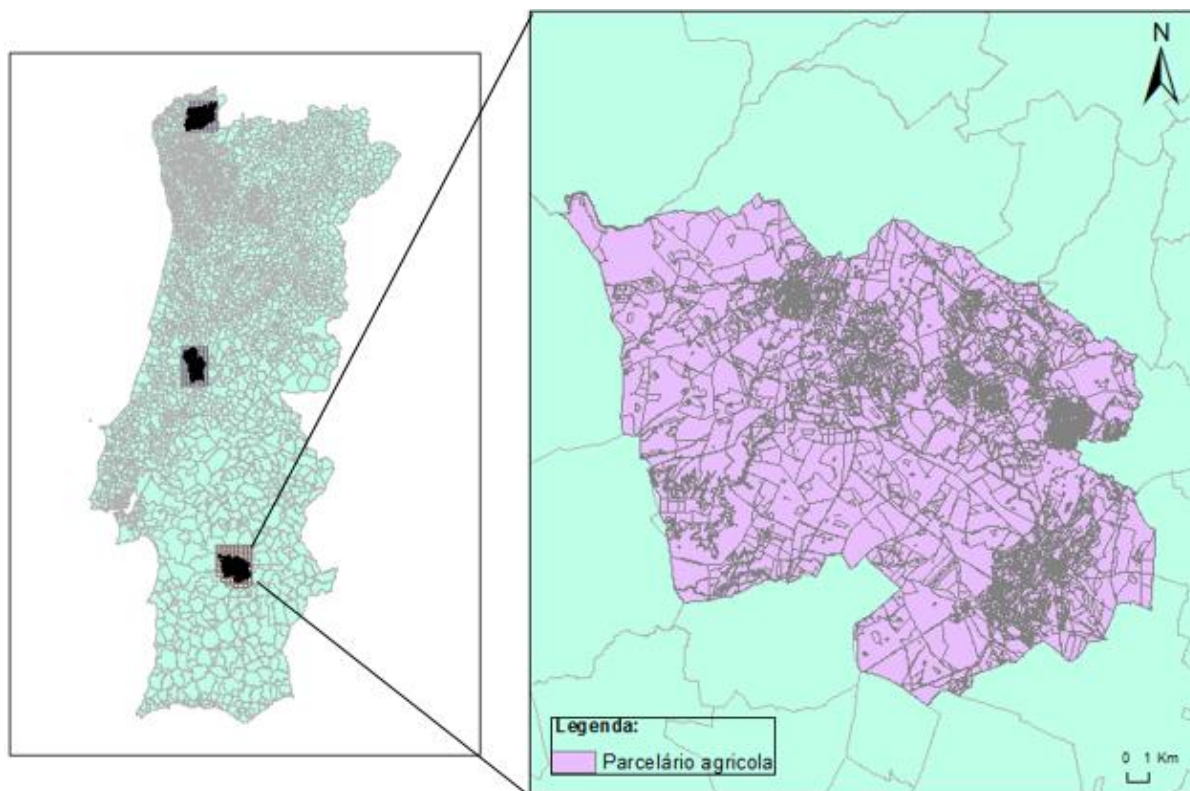


Figura 25 – Parcelário Agrícola usado para a análise (ARV, ALV e ANS de norte para sul)

### 4.3.1. Resultados da transformação no Parcelar

A partir dos resultados obtidos pelo cálculo das áreas nos dois sistemas de referência coordenados, é feita uma análise exploratória nas tabelas 19, 20 e 21 desses dados com o objetivo de perceber se existe discrepância entre os valores e se este é significativo na apresentação dos valores das áreas do Parcelário em PT-TM06/ETRS89. Como nota importante ARV contém cerca de 30 000 parcelas agrícolas, ALV 11 000 e ANS 45 000.

Tabela 19 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ARV

	D73		ETRS89		$\Delta$ Área [m <sup>2</sup> ]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]			
Média	15804	1,580	15804	1,580	0	<b>0</b>	0,002
Máxima	560827	56,083	560819	56,082	15,9	<b>0,002</b>	0,004
Mínimo	100	0,010	100	0,010	0	<b>0</b>	0,001

Tabela 20 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ALV

	D73		ETRS89		$\Delta$ Área [m <sup>2</sup> ]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]			
Média	44409	4,441	44409	4,441	0	<b>0</b>	0,001
Máximo	7941710	794,171	7941640	794,164	67,7	<b>0,007</b>	0,003
Mínimo	100	0,010	100	0,010	0	<b>0</b>	0

Tabela 21 – Resultados para o conjunto total das parcelas do enquadramento ANS

	D73		ETRS89		$\Delta$ Área [m <sup>2</sup> ]	$\Delta$ Área [ha]	$\Delta$ Área [%]
	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [ha]			
Média	7613	0,761	7468	0,761	0	<b>0</b>	0,001
Máximo	498579	49,858	498577	49,858	15,0	<b>0,002</b>	0,004
Mínimo	100	0,010	100	0,010	0	<b>0</b>	0

De referir que só foram contabilizadas as parcelas com uma área superior a 100 m<sup>2</sup>, correspondente à área mínima no controlo administrativo.

Dos valores acima apresentados é possível retirar algumas conclusões. Para os três conjuntos de parcelas, uma vez que a média das diferenças entre as áreas nos dois sistemas, após a conversão é de 0 hectares (tendo em conta 3 casas decimais), verifica-se que a mudança do valor das áreas é insignificante. No entanto o valor máximo chega aos 0,007 hectares de diferença no caso do conjunto de parcelas em ALV e de 0,002 hectares nos restantes dois conjuntos. A razão para que ALV tenha este valor mais elevado pode estar relacionado com as parcelas de maior área presentes neste conjunto (área máxima de quase 800 hectares) em relação aos outros conjuntos analisados.

Observando os valores das diferenças das áreas em percentagem, estes apresentam uma expressão pouco significativa, apenas com um máximo de 0,004 % e média de 0,001 % em ALV e ANS e 0,002 % em ARV.

Para perceber como estão distribuídas as diferenças entre áreas em relação ao tamanho de cada parcela foram criados em ArcGIS gráficos de dispersão (Figura 26, 27 e 28). Estes gráficos têm em conta todas as parcelas de cada conjunto analisado, apresentando o seu valor de diferença de área calculado após a transformação de coordenadas. A diferença é apresentada no primeiro gráfico em hectares e no segundo gráfico por percentagem. Para as diferenças em hectares a escala é apresentada igual em dois (ARV e ANS) conjuntos já que o tamanho médio e máximo das parcelas nestes conjuntos é similar, no outro conjunto (ALV) as parcelas têm dimensões muito maiores o que provoca um aumento do erro e por isso a diferença ser apresentada numa escala diferente.

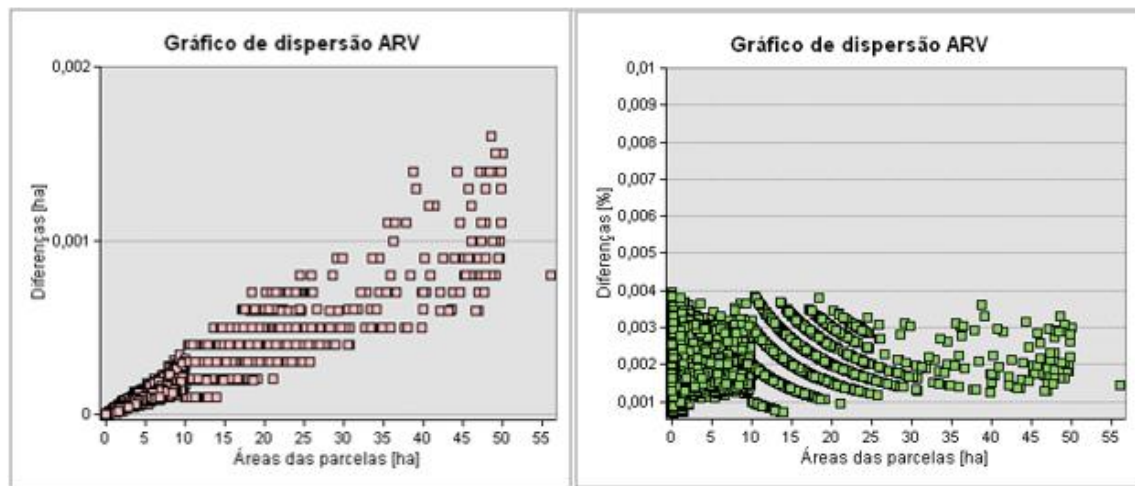


Figura 26 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ARV

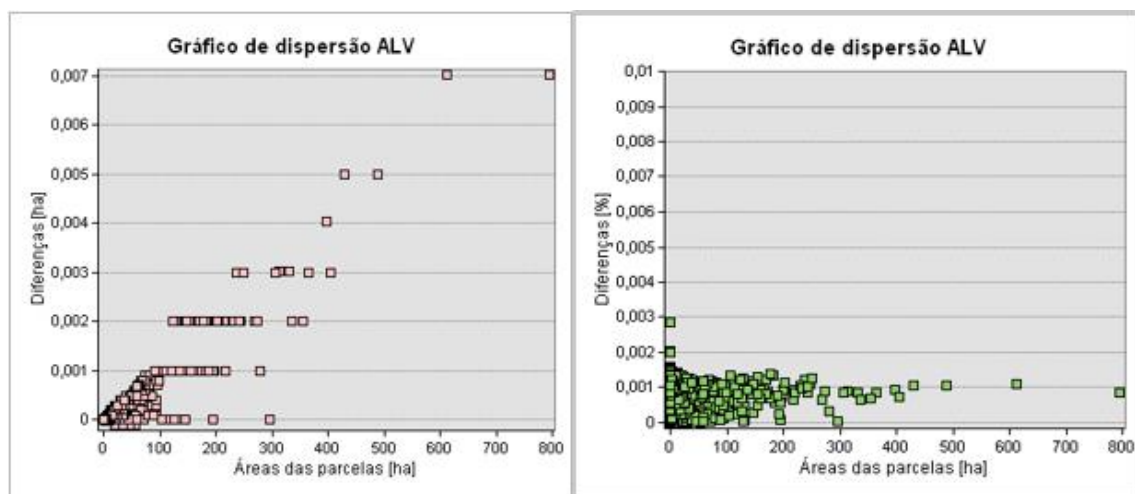


Figura 27 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ALV

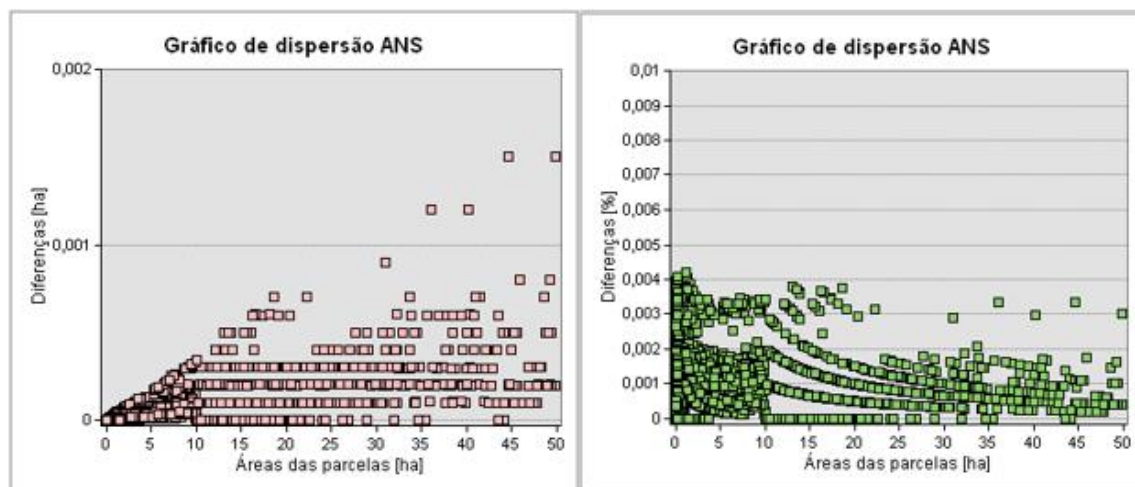


Figura 28 – Diferenças das áreas em relação ao seu tamanho em ANS



Da análise dos gráficos anteriores verifica-se que o aumento nas diferenças das áreas seguem uma relação linear com o aumento do tamanho das parcelas. No conjunto onde existem maiores diferenças (ALV), estas registam-se especialmente nas parcelas com um tamanho maior onde há quase uma diferença de 0,001 hectares a cada 100 hectares de área da parcela agrícola, ainda que esta diferença não seja uma regra que influencie todas as parcelas. Nos outros dois blocos (ARV e ANS) o tamanho das parcelas são semelhantes não ultrapassando os 55 hectares assim como a diferença com pouco mais de 0,0015 hectares. No conjunto em ANS a relação entre as duas variáveis apesar de linear apresenta mais exceções, ou seja, existem parcelas com tamanho idêntico mas com discrepâncias nas áreas com diferente valor, parcelas com uma área de 45 hectares, por exemplo, tanto apresentam um erro de 0 como de 0,0015 hectares.

A diferença entre áreas é maior quanto maior for a área da parcela, no entanto, o valor das diferenças não é percentualmente significativo (máximo de 0,004 %). Os valores são muito pequenos não existindo qualquer padrão na dispersão considerável, o que indica que a alteração dos valores das áreas que advém da transformação de coordenadas por este método é residual sem qualquer expressão percentual.

## 5. Conclusões

Neste projeto foi realizado um estudo sobre o impacto no Parcelar Agrícola resultante da transformação do sistema de referência coordenado utilizado no IFAP, I.P. para o sistema em vigor em Portugal (PT-TM06/ETRS89). A necessidade da transformação para este sistema de referência coordenado levou ao desenvolvimento deste estudo de forma a perceber em que medida e com que consequências a transformação influenciam o Parcelar na posição e área das parcelas.

Foram identificados diferentes métodos de transformação entre os dois sistemas em causa e analisadas as suas precisões em relação ao erro na posição que estas causariam. A solução de maior precisão obtida para esta transformação foi o método das grelhas desenvolvido por Gonçalves (2008,2009), podendo ser aplicado à informação geográfica num programa como o ArcGIS. Este método apresenta uma incerteza na posição na ordem dos 7 centímetros enquanto em outras transformações este valor chega aos 0,5 m (Bursa-Wolf) ou 1 m (Molodensky).

O método das grelhas foi efetuado, construindo dois mapas raster (500 X 500) com valores interpolados para as diferenças das coordenadas em M e P nos dois sistemas. A partir destas grelhas de diferenças, foi determinado o mapa de deslocamentos conjunto, de forma a determinar em quanto seria afetada a posição após a transformação. Concluiu-se que as diferenças na posição nos dois sistemas estão dentro de um intervalo entre 0,01 m a 6,76 m no máximo em Portugal Continental.

Foi realizada uma simulação sobre o método com um quadrado de tamanho variável entre 500 m e 9000 m de lado e analisada a variação da sua área após a mudança de coordenadas entre os dois sistemas. Esta simulação foi efetuada para determinar em termos teóricos a variação expectável das áreas do Parcelar. Concluiu-se que as diferenças obtidas nas áreas aumentam de acordo com o seu tamanho areal, maior área, maior diferença obtida e que estas diferenças podem ser positivas ou negativas em relação à área inicial. As diferenças de áreas, analisadas em 6 conjuntos distribuídos por Portugal, mostram que para o tamanho médio das parcelas 1,77 ha a diferença é nula e para o máximo de 2 900 ha a diferença poderia atingir os 0,03 ha no máximo. Em todos os conjuntos para áreas até 25 ha o resultado da diferença verificou-se nulo. Na diferença percentual das áreas após a transformação os valores apresentaram-se como residuais com um máximo de +/-0,001 % não apresentando assim significância.

Foi também realizada uma experiência com dados reais do Parcelário Agrícola, efetuando a mudança de sistema de referência coordenado e analisando a diferença da área obtida nos dois sistemas. Atendendo às parcelas analisadas, concluiu-se que para o seu tamanho médio a diferença é nula, para as parcelas com maior área a diferença verificou-se entre 0,002 e 0,007 ha dependendo do tamanho da maior parcela presente no conjunto analisado. As diferenças percentuais das áreas registadas apresentaram valores residuais, com um valor de variação máxima de 0,004 % da área inicial e por isso sem expressão significativa.

## 6. Referências bibliográficas

- ArcGIS 2013. Disponível em <http://blogdoarcgis.blogspot.pt/2008/12/introduo-ao-arcgis-caractersticas.html>, consultado em Março de 2014
- Astrand, P.J., Gervasini, E., Vajsova, B., San-Miguel, I., 2012. VHR Image Acquisition Specifications for the CAP checks (CwRS and LPIS QA). JRC-IES Digital Earth and Reference Data Unit
- Carvalho, M., Sampaio P., 2011. Conversão de grandes volumes de informação cartográfica para PT-TM06/ETRS89 – Caso do município de Vila Nova de Gaia. Publicado em Gaiurb – Urbanismo e habitação, EEM – Departamento Informação Geográfica – VN Gaia.
- Catalão, J., 2010. Projeções Cartográficas. Texto não publicado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Chmiel, J., Kay, S., Spruyt, P., 2004. Orthorectification and geometric quality assessment of very high spatial resolution satellite imagery for Common Agricultural Policy purposes. Proc. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 35
- DGT, 2014. Rede Geodésica Nacional, disponível em: [http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/geodesia/redes\\_geodesicas/rede\\_geodesica\\_nacional/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/redes_geodesicas/rede_geodesica_nacional/), consultado em Janeiro 2014
- Dias P., 2013. Elaboração de uma Carta de Aterros da Cidade de Lisboa por LiDAR e Fotogrametria Aérea. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- ERDAS IMAGINE 2011. Disponível em: [http://geospatial.intergraph.com/Libraries/Tech\\_Docs/ERDAS\\_IMAGINE\\_2011\\_Product\\_Description.sflb.ashx](http://geospatial.intergraph.com/Libraries/Tech_Docs/ERDAS_IMAGINE_2011_Product_Description.sflb.ashx), consultado em Março de 2014
- Gonçalves, J., 2008. Adopção de Sistemas de referência Geográfica Globais. Proceedings da conferência ESIG2008, Lisboa, Maio 2008.
- Gonçalves, J., 2009. Conversões de Sistemas de Coordenadas Nacionais para ETRS89 Utilizando Grelhas. VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.
- Grazzini, J., Astrand,P., 2013. External quality control of Pléiades orthoimagery – Part II: Geometric testing of a Pléiades – 1B orthoproduct covering Maussane test site. Technical. Report 26100, JRC.
- IGeoE, 2014. Instituto Geográfico do Exército <http://www.igeoe.pt/>, Consultado em janeiro 2014.
- JRC IES, 2012. Common technical specifications for the 2012 CwRS campaign. Disponível em <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/2313/12060/file/CwRS-2.pdf>, consultado em Dezembro de 2013.
- Kapnias, D., Milenov, P. Kay, S., 2008. Guidelines for best practice and quality checking of ortho imagery. Technical Report 48904, JRC IPSC, disponível em: [http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/1231/7140/file/Orthoguidelines\\_v3\\_final.pdf](http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/1231/7140/file/Orthoguidelines_v3_final.pdf), consultado em Dezembro 2013.
- Redweik, P., 2011. Produção Cartográfica. Texto não publicado, DEGGE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Redweik, P., 2011 Fotogrametria Aérea. Texto não publicado, DEGGE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Silva, A. M., 2007. O uso de polinómios racionais na ortorretificação de imagens de satélite. Publicado no XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 Abril 2007, INPE, p. 1289-1295.

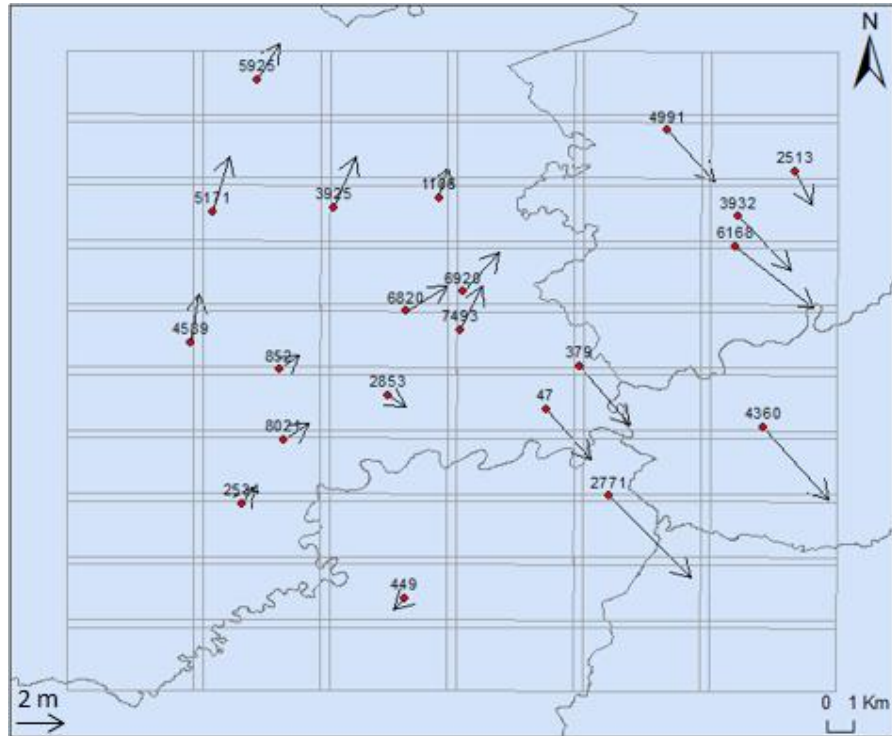
Soares, F., 2011. Processamento Digital de Imagem. Texto não publicado, DEGGE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Torres, J., 2010. O sistema de coordenadas PT-TM06. Sessão técnica no Auditório da Sede Regional da Ordem dos Engenheiro. Coimbra, 4 Maio de 2010.

## ANEXO A – Controlo posicional dos ortofotos gerados na secção 3.1.1.

ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
7591	232548,35	232546,20	-2,15	217952,38	217950,38	-2,00
6612	238735,70	238736,78	1,08	218253,50	218256,55	3,05
4856	243551,63	243551,72	0,09	218679,75	218678,82	-0,93
2978	236394,36	236395,83	1,47	215090,60	215090,72	0,12
3862	239123,71	239124,79	1,08	215729,65	215729,81	0,16
1555	241546,22	241545,28	-0,94	216629,10	216630,22	1,12
7028	246322,63	246323,75	1,12	215384,04	215384,73	0,70
5012	242425,15	242428,32	3,17	214210,21	214204,30	-5,91
5428	234002,74	234003,56	0,82	212492,51	212492,93	0,42
7594	239266,23	239268,21	1,98	211462,74	211469,73	6,99
1972	245447,02	245447,76	0,74	211759,62	211759,77	0,15
EMQ [m]			1,55			3,01
Erro médio [m]			0,77			0,35
Erro máximo [m]			3,17			6,99
Desvio padrão [m]			1,41			3,14
Estado			<b>Pass</b>			<b>Fail</b>

## ANEXO B – Dados do Controlo posicional efetuado às ortoimagens na secção 3.1.2.



ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
5925	209828,99	209829,67	0,68	64013,66	64015,11	1,45
4991	222754,62	222756,12	1,50	62023,60	62021,59	-2,01
2513	226793,79	226794,29	0,50	60435,74	60434,37	-1,37
5171	208428,58	208429,10	0,52	58778,79	58781,01	2,22
3932	225001,71	225003,39	1,68	58625,18	58623,15	-2,03
3925	212252,13	212252,85	0,72	58972,37	58974,28	1,91
6168	224924,72	224927,20	2,48	57451,32	57448,96	-2,36
1106	215567,68	215567,94	0,26	59352,46	59353,71	1,25
379	220016,90	220018,51	1,61	52703,62	52701,31	-2,31
47	218977,15	218978,57	1,42	51001,17	50999,21	-1,96
6920	216342,12	216343,31	1,19	55627,12	55628,74	1,62
4360	225838,84	225840,90	2,06	50302,80	50299,96	-2,84
4589	207766,19	207766,43	0,24	53632,40	53634,35	1,95
2771	220984,81	220987,39	2,59	47559,02	47555,86	-3,16
7493	216256,06	216256,80	0,74	54107,03	54108,77	1,74
852	210567,40	210568,03	0,63	52540,94	52541,50	0,56
2853	213999,33	213999,91	0,58	51519,56	51519,13	-0,43
8021	210690,01	210690,83	0,82	49753,58	49754,24	0,66
2534	209368,79	209369,19	0,40	47223,35	47223,96	0,61
449	214541,11	214540,76	-0,35	43501,87	43501,43	-0,44
6820	214543,45	214544,76	1,31	54853,22	54854,28	1,07
EMQ [m]			1,27			1,79
Erro médio [m]			1,06			1,62
Erro máximo [m]			2,59			3,16
Desvio padrão [m]			0,76			1,82
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>

## Anexo C – Características dos satélites IKONOS-2 e GeoEye

Na tabela seguinte encontram-se as características do satélite IKONOS-2.

Características da missão	
Data de lançamento	24 de setembro de 1999
Tipo de órbita	Síncrona com o Sol
Altitude	680 Km
Hora de passagem no equador	10:30 AM
Inclinação	98,1 Graus
Propriedades	
Resolução espectral	PAN= [0,45 – 0,90] $\mu\text{m}$ (pancromática); MS bandas: B= [0,45 – 0,52] $\mu\text{m}$ (azul); G= [0,52-0,60] $\mu\text{m}$ (verde); R= [0,63-0,69] $\mu\text{m}$ (vermelho); NIR = [0,76-0,90] $\mu\text{m}$ (infravermelho próximo)
Resolução espacial	PAN = 1 m; MS = 4 m
Resolução temporal	2,9 dias
Resolução radiométrica	11 Bits
Faixa	13 Km

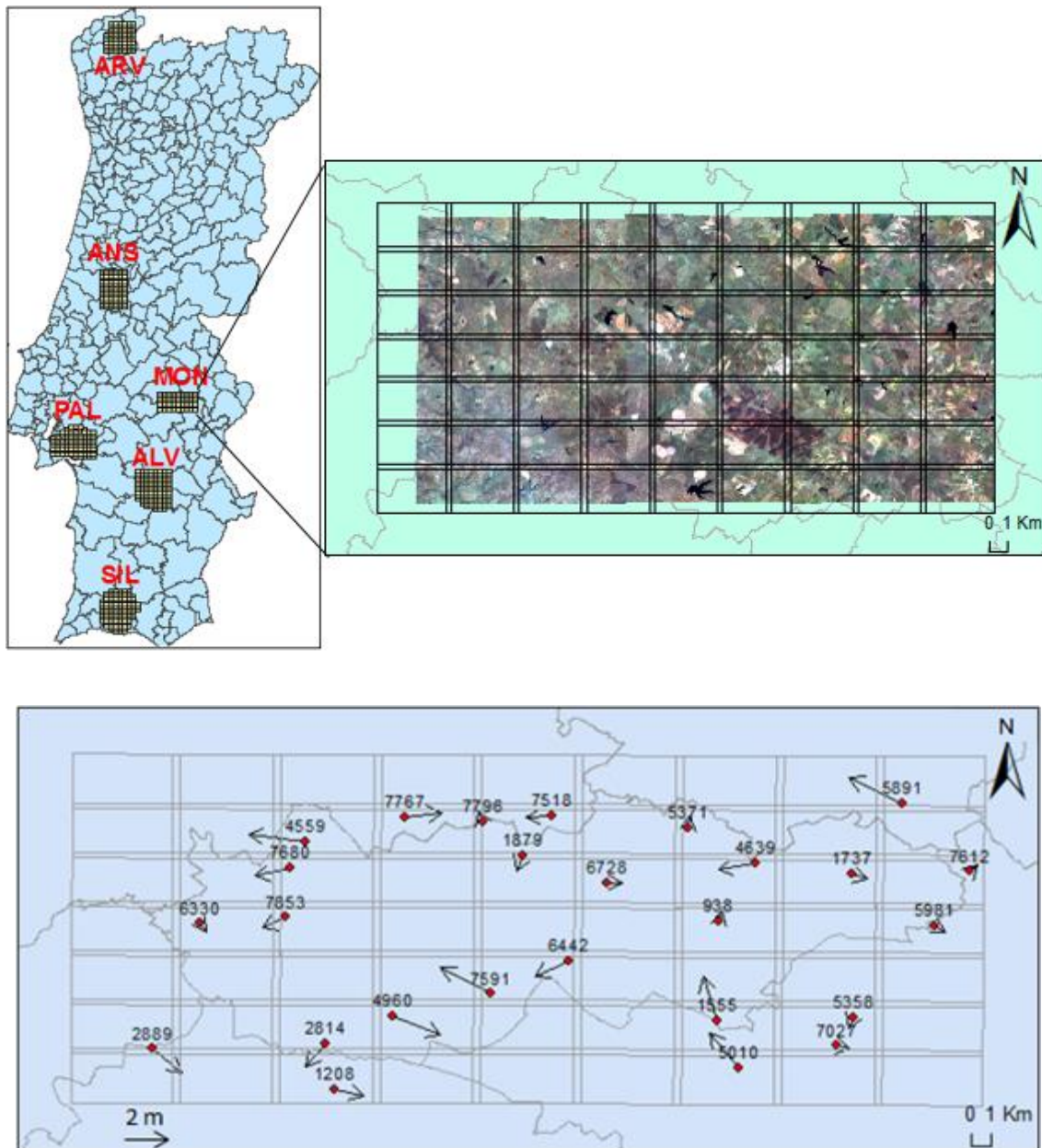
Na tabela a baixo encontra-se as características do satélite GeoEye.

Características da missão	
Data de lançamento	6 de setembro de 2008
Tipo de órbita	Polar e síncrona com o Sol
Altitude	682 Km +- 10 m
Hora de passagem no equador	10:30 AM +- 10 min
Inclinação	98,114 +-0,05 Graus
Aquisição	12 Segundos
Visada Lateral	Até 60 graus
Propriedades	
Resolução espectral	PAN= [0,45 – 0,80] $\mu\text{m}$ (pancromática); MS bandas: B= [0,45 – 0,51] $\mu\text{m}$ (azul); G= [0,51-0,58] $\mu\text{m}$ (verde); R= [0,655-0,89] $\mu\text{m}$ (vermelho); NIR = [0,78-0,92] $\mu\text{m}$ (infravermelho próximo)
Resolução espacial	PAN = 0,41 m; MS = 1,64 m
Resolução temporal	3 dias (no máximo)
Resolução radiométrica	11 Bits
Faixa	15,2 Km



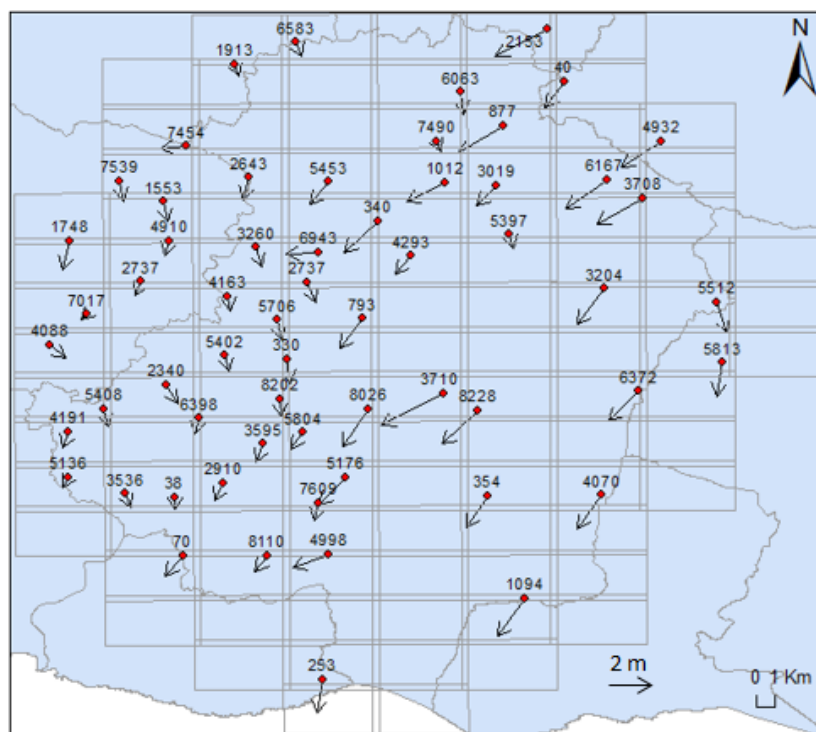
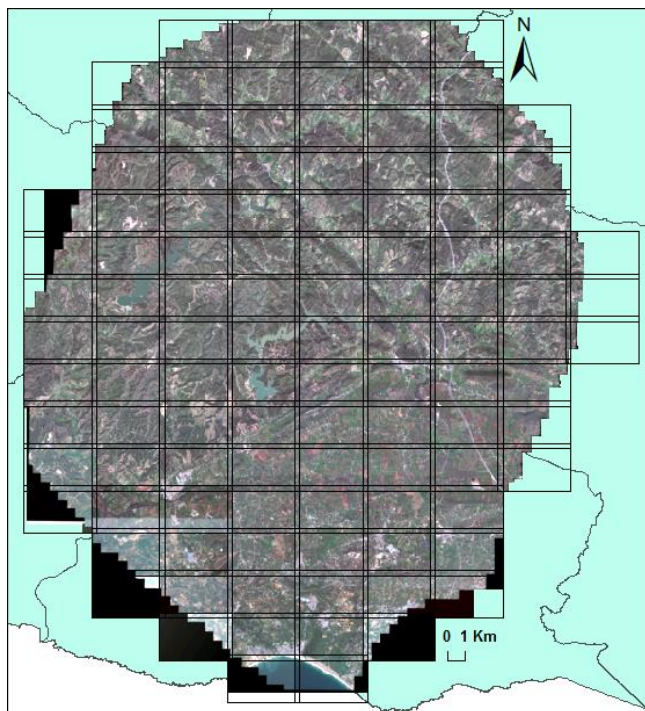
## Anexo D – Dados do Controlo posicional efetuado na secção 3.3.

Em baixo estão os resultados do controlo posicional realizado às ortoimagens referentes à região de Monforte, Portalegre (nome do bloco MON). Os resultados incluem o enquadramento no país, o mapa com as diferenças entre coordenadas verdadeiras e estimadas e uma tabela com os resultados estatísticos do controlo.



ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
5891	248857,30	248855,22	-2,08	227741,08	227742,39	1,31
4559	225117,40	225115,17	-2,23	225711,91	225712,17	0,26
7767	229074,64	229076,11	1,47	226961,41	226961,57	0,16
7796	232181,75	232181,57	-0,18	226722,77	226723,29	0,52
1879	233781,09	233780,79	-0,30	225038,46	225037,65	-0,81
7518	234953,09	234951,98	-1,11	227069,82	227069,64	-0,18
5371	240345,49	240345,57	0,08	226482,72	226483,30	0,58
7680	224515,81	224514,44	-1,37	224373,93	224373,56	-0,37
6728	237129,04	237129,68	0,64	223658,35	223658,37	0,02
4639	243046,40	243044,89	-1,51	224702,57	224702,18	-0,39
1737	246870,65	246871,25	0,60	224149,85	224149,62	-0,23
7612	251610,23	251610,49	0,26	224308,52	224308,86	0,34
6330	220930,15	220930,42	0,27	221518,12	221517,63	-0,49
7853	224371,37	224370,42	-0,95	221829,42	221828,87	-0,55
938	241625,61	241625,64	0,03	221685,08	221685,66	0,58
5981	250194,79	250195,23	0,44	221517,92	221517,60	-0,32
7591	232548,35	232546,34	-2,01	217952,38	217953,67	1,29
6442	235659,02	235657,60	-1,42	219663,99	219663,16	-0,83
2889	219094,48	219095,64	1,16	215107,16	215105,97	-1,19
2814	225957,72	225956,94	-0,78	215403,62	215402,44	-1,18
4960	228617,90	228619,83	1,93	216823,46	216822,51	-0,95
1555	241543,77	241543,23	-0,54	216629,10	216631,28	2,18
7027	246322,63	246323,22	0,59	215384,04	215383,97	-0,07
5358	246992,13	246992,00	-0,13	216842,91	216842,42	-0,49
1208	226366,08	226367,23	1,15	213052,43	213052,08	-0,35
5010	242425,15	242424,03	-1,12	214210,21	214211,98	1,77
EMQ [m]			1,14			0,85
Erro médio [m]			0,94			0,67
Erro máximo [m]			2,23			2,18
Desvio padrão [m]			1,13			0,87
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>

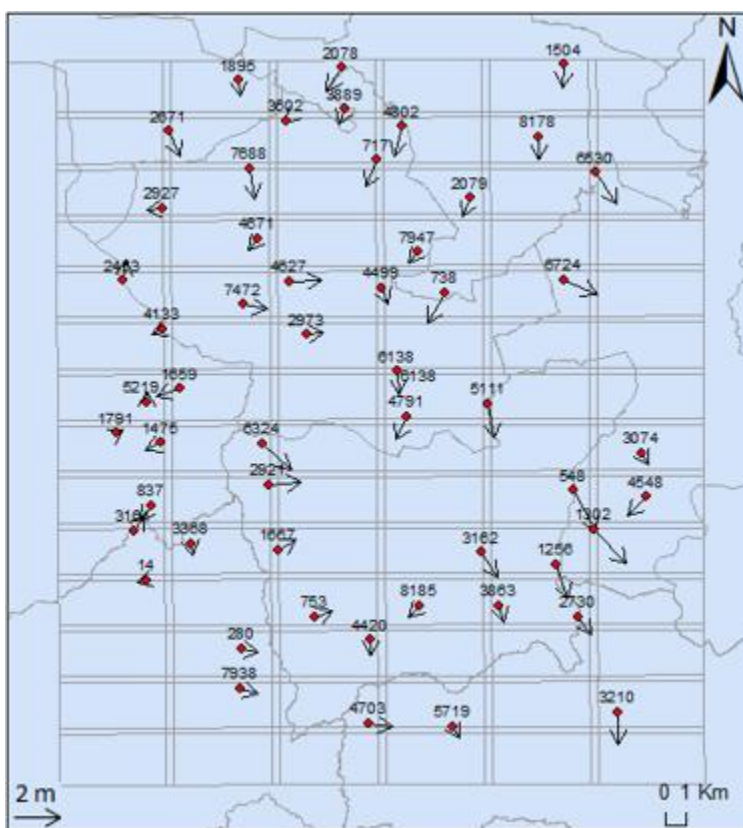
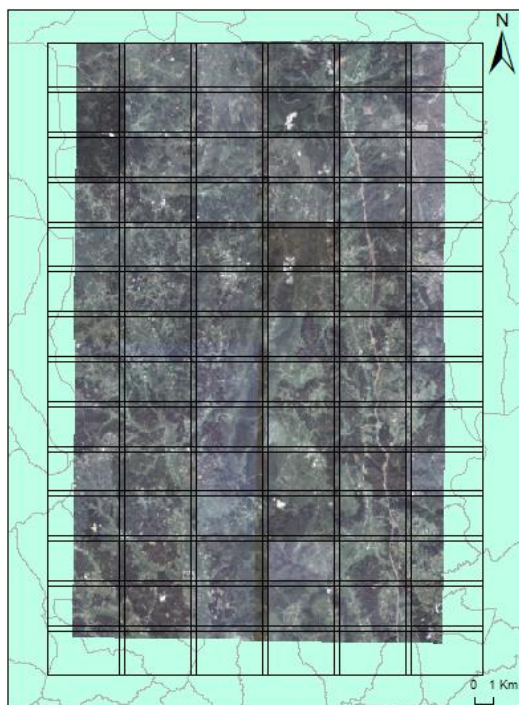
Resultados do controlo posicional realizado ao bloco da região de Silves, Faro (nome do bloco SIL):



ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
6583	176513,24	176513,51	0,27	51069,23	51068,36	-0,87
2153	187726,88	187724,58	-2,30	51831,66	51830,16	-1,50
1913	173768,69	173768,85	0,16	49825,11	49824,50	-0,61
6063	183835,29	183835,45	0,16	48278,91	48277,69	-1,22
40	188517,58	188516,71	-0,87	48856,26	48854,86	-1,40
7454	171562,03	171560,87	-1,15	45278,42	45278,26	-0,16
7490	182773,06	182773,31	0,25	45542,06	45541,51	-0,55
877	185794,89	185792,85	-2,04	46395,25	46393,69	-1,56
4932	192814,54	192812,82	-1,72	45517,80	45516,28	-1,52
7539	168575,81	168575,99	0,18	43352,33	43351,28	-1,05
2643	174368,24	174367,95	-0,29	43521,39	43520,17	-1,22
5453	177939,06	177938,28	-0,78	43268,97	43267,71	-1,26
1012	183183,72	183182,00	-1,72	43192,36	43191,37	-0,99
3019	185469,90	185469,00	-0,90	43031,87	43030,78	-1,09
6167	190418,93	190417,05	-1,88	43375,47	43373,81	-1,66
1553	170547,00	170547,15	0,15	42178,59	42177,52	-1,07
340	180146,86	180145,30	-1,56	41080,52	41078,76	-1,76
5397	186040,86	186041,05	0,19	40304,29	40303,49	-0,80
3708	191972,54	191970,54	-2,00	42339,31	42337,86	-1,45
1748	166353,87	166353,48	-0,39	39973,39	39971,89	-1,50
2737	169536,89	169536,60	-0,29	37699,06	37698,29	-0,77
4910	170787,03	170786,86	-0,17	39964,53	39963,77	-0,76
3260	174655,58	174655,80	0,22	39600,44	39599,32	-1,11
2737	176983,59	176983,90	0,31	37628,81	37627,70	-1,11
6943	177503,14	177501,65	-1,49	39302,84	39302,69	-0,15
4293	181612,09	181611,38	-0,71	39119,94	39118,93	-1,01
7017	167112,18	167111,94	-0,24	35896,92	35896,56	-0,36
4163	173432,03	173432,12	0,09	36862,32	36861,56	-0,76
5706	175630,34	175630,49	0,15	35541,30	35540,23	-1,07
793	179466,11	179465,08	-1,03	35609,63	35607,98	-1,65
3204	190279,11	190277,88	-1,23	37260,22	37258,33	-1,89
5512	195312,41	195312,86	0,45	36478,91	36477,23	-1,68
4088	165419,03	165419,75	0,72	34205,85	34205,01	-0,84
5402	173254,34	173254,51	0,17	33557,76	33556,83	-0,93
330	176034,16	176034,26	0,10	33329,09	33327,79	-1,30

5813	195538,25	195538,01	-0,24	33116,21	33114,24	-1,97
5408	167826,59	167826,76	0,17	30599,05	30598,12	-0,93
2340	170620,69	170621,21	0,52	31903,32	31902,33	-0,99
6398	172117,50	172117,34	-0,16	30056,18	30055,28	-0,90
8202	175716,63	175716,78	0,15	31112,77	31111,76	-1,01
8026	179667,24	179666,07	-1,17	30534,79	30532,64	-2,15
3710	183039,45	183036,73	-2,72	31424,47	31422,60	-1,87
8228	184586,13	184584,56	-1,57	30478,22	30476,32	-1,90
6372	191805,52	191804,23	-1,29	31512,35	31510,68	-1,67
4191	166253,83	166253,57	-0,26	29339,09	29338,20	-0,89
3595	174998,24	174997,89	-0,35	28601,53	28600,55	-0,98
5804	176736,88	176736,31	-0,57	29227,41	29226,45	-0,95
5136	166254,30	166254,03	-0,27	26772,27	26771,69	-0,58
3536	168756,11	168756,34	0,23	25844,44	25843,70	-0,74
38	171007,10	171007,11	0,01	25628,52	25627,90	-0,62
2910	173154,72	173154,31	-0,41	26408,93	26407,99	-0,94
7609	177443,38	177443,27	-0,11	25294,31	25293,31	-1,00
5176	178629,68	178628,58	-1,10	26733,34	26731,80	-1,54
354	185029,04	185028,06	-0,98	25693,83	25692,03	-1,80
4070	190138,79	190137,71	-1,08	25698,52	25696,67	-1,85
70	171354,12	171353,35	-0,77	22367,12	22366,11	-1,01
8110	175130,06	175129,52	-0,54	22343,69	22342,77	-0,92
4998	177915,64	177914,06	-1,58	22432,30	22431,51	-0,79
1094	186702,34	186701,10	-1,24	19931,72	19929,65	-2,07
253	177590,20	177589,98	-0,22	15427,92	15426,01	-1,91
EMQ [m]			0,98			1,27
Erro médio [m]			0,73			1,18
Erro máximo [m]			2,72			2,15
Desvio padrão [m]			0,80			0,48
Estado			Pass			Pass

Resultados do controlo posicional realizado ao bloco da região de Ansião, Leiria (nome do bloco ANS):



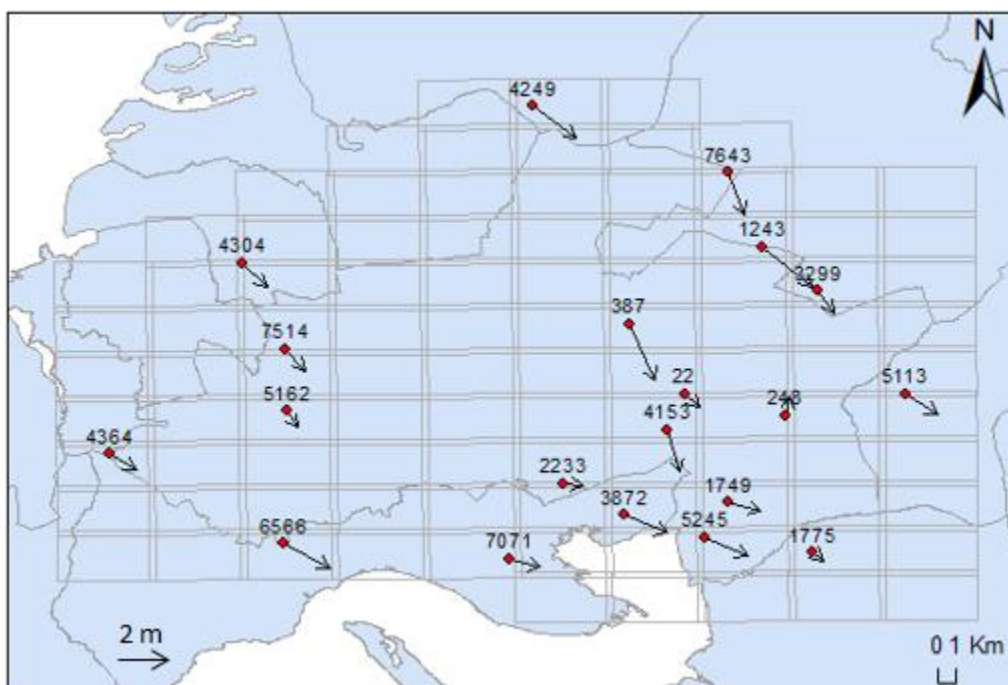
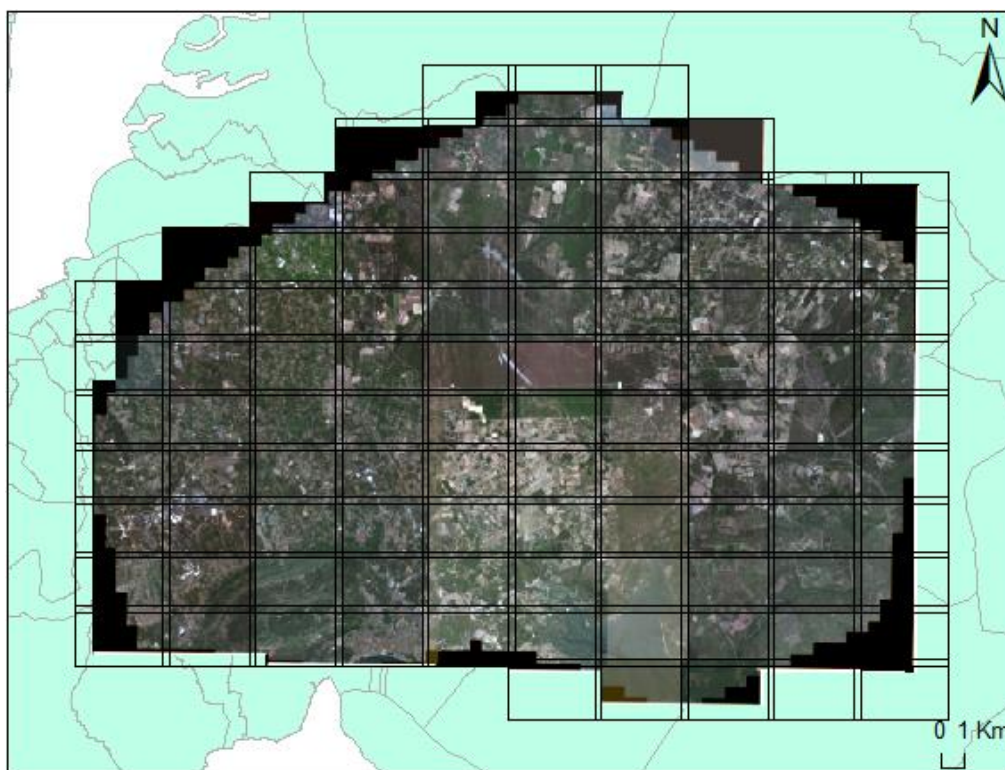
ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
1895	170704,56	170704,67	0,11	339181,99	339181,18	-0,81
2078	174622,80	174622,17	-0,63	339773,80	339772,66	-1,14
3889	174706,87	174706,65	-0,22	337767,94	337767,24	-0,70
1504	182953,67	182953,55	-0,12	339910,26	339909,13	-1,13
2671	168075,27	168075,67	0,40	336714,93	336713,74	-1,19
3602	172529,75	172529,66	-0,09	337189,34	337189,18	-0,16
717	175912,50	175911,99	-0,51	335283,30	335282,00	-1,30
4802	176830,30	176830,05	-0,25	336915,00	336913,64	-1,36
8178	182000,10	182000,14	0,04	336374,01	336372,85	-1,16
2927	167829,31	167828,68	-0,63	332936,19	332936,08	-0,11
7688	171137,99	171138,14	0,15	334845,64	334844,18	-1,46
2079	179383,85	179383,58	-0,27	333401,48	333400,63	-0,85
6530	184135,35	184136,10	0,75	334650,23	334648,61	-1,62
4671	171400,56	171400,18	-0,38	331446,33	331445,71	-0,62
7947	177412,91	177412,58	-0,33	330789,63	330789,10	-0,53
2453	166358,18	166358,22	0,04	329444,15	329445,16	1,01
7472	170882,35	170883,19	0,84	328252,46	328252,20	-0,26
4627	172598,51	172599,69	1,18	329347,33	329347,44	0,11
4499	176053,94	176054,25	0,31	329066,47	329065,76	-0,71
738	178435,70	178435,05	-0,65	328783,02	328781,65	-1,37
6724	182935,63	182936,83	1,20	329400,88	329400,11	-0,77
4133	167822,62	167822,18	-0,43	327052,36	327052,19	-0,17
2973	173265,07	173265,68	0,61	326783,64	326783,73	0,09
6138	176627,06	176627,09	0,03	324978,22	324977,07	-1,15
5219	167205,27	167205,26	-0,01	323485,24	323485,78	0,55
1659	168435,20	168434,39	-0,81	324147,94	324147,64	-0,30
6138	176627,06	176627,10	0,04	324978,22	324977,13	-1,09
4791	176994,04	176993,68	-0,36	322755,67	322754,53	-1,14
5111	180025,88	180026,21	0,33	323376,18	323374,52	-1,66
1791	166047,98	166048,30	0,32	321995,98	321996,19	0,22
1475	167746,39	167745,81	-0,58	321527,52	321527,19	-0,33
6324	171535,24	171536,35	1,11	321451,51	321450,25	-1,26
3074	185821,43	185821,69	0,26	320958,97	320958,41	-0,56
837	167372,55	167372,13	-0,42	318487,92	318487,21	-0,71
2921	171803,65	171804,80	1,15	319460,60	319460,75	0,15
548	183247,37	183248,24	0,87	319155,44	319153,48	-1,96
4548	185970,41	185969,71	-0,70	318831,23	318830,35	-0,88
3161	166719,92	166720,32	0,40	317250,43	317251,16	0,73
3368	168818,47	168818,58	0,11	316617,59	316617,01	-0,58



1667	172122,64	172123,30	0,66	316257,27	316257,77	0,50
3162	179760,66	179761,19	0,53	316155,22	316154,00	-1,22
1256	182583,26	182583,70	0,44	315564,64	315563,04	-1,60
1302	184039,00	184040,16	1,16	317276,60	317274,92	-1,68
14	167142,70	167142,31	-0,39	314834,24	314834,09	-0,15
753	173521,68	173522,29	0,61	313022,91	313023,23	0,32
8185	177438,14	177437,69	-0,45	313557,55	313557,02	-0,53
3863	180431,05	180431,20	0,15	313541,85	313541,07	-0,78
2730	183398,75	183399,23	0,49	313020,36	313019,50	-0,86
280	170758,20	170758,80	0,60	311464,30	311464,22	-0,08
4420	175597,81	175597,83	0,02	311892,04	311891,27	-0,76
7938	170668,12	170668,79	0,67	309530,28	309530,11	-0,17
4703	175527,36	175528,24	0,88	307847,97	307847,73	-0,24
5719	178684,46	178684,69	0,23	307661,08	307660,47	-0,61
3210	184910,15	184910,17	0,02	308351,58	308350,01	-1,57
EMQ [m]			0,57			0,94
Erro médio [m]			0,46			0,79
Erro máximo [m]			1,20			1,96
Desvio padrão [m]			0,55			0,68
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>

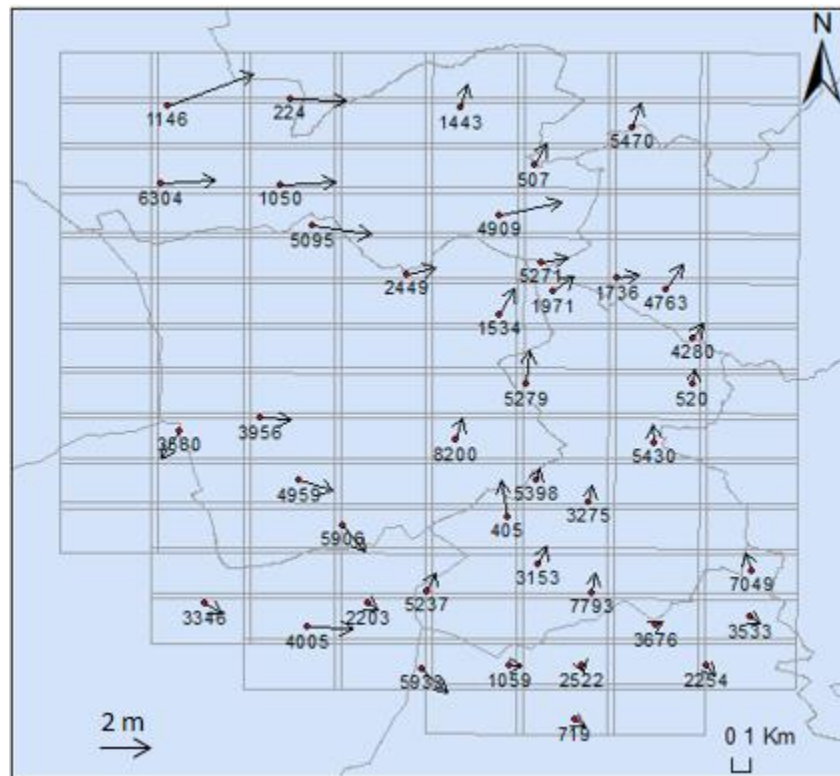


Resultados do controlo posicional realizado ao bloco da região de Palmela, Setúbal (nome do bloco PAL):



ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
4249	140847,29	140849,15	1,86	198651,79	198649,97	-1,82
7643	149364,59	149365,25	0,66	194888,56	194886,16	-2,40
4304	128114,01	128115,00	0,99	189981,62	189980,23	-1,39
1243	150848,73	150850,92	2,19	190737,26	190734,98	-2,28
3299	153222,64	153223,40	0,76	188249,55	188248,25	-1,30
7514	129916,80	129917,65	0,85	185194,57	185193,27	-1,30
387	144969,97	144971,07	1,10	186463,96	186460,88	-3,08
22	147414,16	147414,78	0,62	182553,40	182552,65	-0,75
5113	157082,14	157083,46	1,32	182457,33	182456,32	-1,01
5162	129941,52	129941,98	0,46	181709,61	181708,62	-0,99
4153	146575,32	146575,90	0,58	180534,02	180531,73	-2,29
248	151801,88	151802,07	0,19	181301,90	181303,05	1,15
4364	122195,69	122196,75	1,06	179395,40	179394,48	-0,92
2233	142033,42	142034,28	0,86	177602,55	177602,46	-0,09
3872	144671,41	144673,34	1,93	175803,93	175802,94	-0,99
1749	149204,71	149206,19	1,49	176472,03	176471,60	-0,43
6566	129758,40	129760,36	1,96	174329,82	174328,47	-1,35
7071	139612,98	139614,33	1,35	173410,19	173409,68	-0,51
5245	148188,64	148190,49	1,85	174537,91	174536,92	-0,99
1775	152946,64	152947,07	0,43	173665,12	173664,71	-0,41
EMQ [m]			1,26			1,47
Erro médio [m]			1,13			1,27
Erro máximo [m]			2,19			3,08
Desvio padrão [m]			0,59			0,94
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>

Resultados do controlo posicional realizado ao bloco da região de Alvito, Beja (nome do bloco ALV):



ID	M verdadeiro [m]	M estimado [m]	Discrepância [m]	P verdadeiro [m]	P estimado [m]	Discrepância [m]
224	205925,23	205927,64	2,41	157584,78	157584,63	-0,15
1146	200587,37	200591,11	3,74	157207,24	157208,96	1,72
1443	213372,79	213372,99	0,20	157055,28	157056,57	1,29
5470	220867,36	220867,66	0,30	155975,03	155976,45	1,42
6304	200289,37	200291,73	2,36	152820,29	152820,59	0,30
1050	205471,56	205474,04	2,48	152767,29	152767,60	0,31
507	216621,49	216621,93	0,44	153883,53	153884,72	1,19
5095	206921,22	206923,74	2,52	150494,84	150494,34	-0,50
4909	215051,17	215053,86	2,69	151108,35	151109,09	0,74
2449	211049,68	211050,92	1,24	147838,26	147838,59	0,33
5271	216940,75	216941,91	1,16	148504,86	148505,06	0,20
1736	220248,46	220249,42	0,96	147633,85	147634,08	0,23
1534	215063,27	215063,96	0,69	145613,66	145615,09	1,43
1971	217469,12	217469,91	0,79	146873,65	146874,49	0,85
4763	222389,69	222390,41	0,72	147010,10	147011,62	1,52
4280	223575,98	223576,44	0,46	144328,29	144329,07	0,78

3956	204615,43	204616,76	1,33	139851,25	139851,19	-0,06
5279	216237,32	216237,51	0,19	141732,84	141734,71	1,87
520	223590,62	223590,72	0,10	141752,53	141753,45	0,92
3580	201086,64	201085,85	-0,79	139160,48	139158,96	-1,52
8200	213143,95	213144,30	0,35	138626,38	138627,59	1,21
5430	221902,86	221902,75	-0,11	138528,09	138529,18	1,10
4959	206328,91	206330,39	1,48	136377,06	136376,56	-0,50
5398	216721,19	216721,30	0,11	136422,70	136423,33	0,63
3275	218998,64	218998,76	0,12	135263,62	135264,43	0,82
5906	208257,49	208258,45	0,96	133924,86	133923,46	-1,40
405	215458,55	215458,26	-0,29	134409,12	134411,03	1,92
5237	211900,77	211901,27	0,50	130284,13	130285,19	1,06
3153	216798,82	216799,18	0,36	131758,92	131759,98	1,06
7793	219154,68	219154,91	0,23	130170,64	130171,75	1,11
7049	226157,76	226157,51	-0,25	131436,72	131437,73	1,01
3346	202221,25	202221,92	0,67	129555,02	129554,45	-0,57
4005	206727,43	206729,38	1,95	128263,47	128263,37	-0,10
2203	209317,44	209317,85	0,42	129571,64	129571,39	-0,24
3676	221986,40	221986,67	0,27	128386,44	128386,63	0,19
3533	226148,33	226148,71	0,38	128854,93	128854,65	-0,28
5933	211694,69	211695,82	1,13	125948,77	125947,54	-1,23
1059	215569,65	215570,14	0,49	126123,09	126123,08	-0,01
2522	218754,55	218754,64	0,09	126111,92	126111,59	-0,33
2254	224193,75	224194,12	0,38	126117,11	126116,58	-0,53
719	218450,22	218450,68	0,46	123120,55	123120,21	-0,34
EMQ [m]			1,25			0,97
Erro médio [m]			0,89			0,80
Erro máximo [m]			3,74			1,92
Desvio padrão [m]			0,95			0,88
Estado			<b>Pass</b>			<b>Pass</b>